

Tamires Soares Yule

Anatomia do sistema
subterrâneo em
leguminosas
herbáceas e sub-
arbustivas do Chaco
brasileiro

Campo Grande
2012



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**



Tamires Soares Yule

Dissertação de mestrado

**Anatomia do sistema subterrâneo em leguminosas herbáceas e
sub-arbustivas do Chaco brasileiro.**

Orientadora: Edna Scremin Dias

Campo Grande-MS
2012



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



Tamires Soares Yule

Dissertação de mestrado

Anatomia do sistema subterrâneo em leguminosas herbáceas e sub-arbustivas do Chaco brasileiro.

Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

Campo Grande-MS
2012

Ficha Catalográfica

Yule, T. S.

Anatomia do sistema subterrâneo em leguminosas herbáceas e sub-arbustivas do Chaco brasileiro.

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

Banca Examinadora

Dr^a Adriana Hissae Hayashi

Dr^a Rosani do Carmo de Oliveira
Arruda

Dr^a Edna Scremin Dias
Presidente

Dedicatória

Aos meus pais Cida e Roberto Yule.

Agradecimentos

A realização desse trabalho representa muito mais que a conclusão de um curso ou um acréscimo à minha ainda escassa carreira profissional, representa o encerramento de um ciclo que somente foi possível pelo esforço de muitas pessoas. Aqui vai um pouco da minha gratidão.

Agradeço a Deus pela saúde e capacidade de ter chegado até aqui.

Agradeço imensamente aos meus pais, Cida e Roberto, pela vida, pela criação e por todo esforço e sacrifício que sempre fizeram para priorizar a educação das filhas. Espero que esse seja apenas o início da colheita de bons frutos de todos esses anos de investimento.

À minha irmã Thais pelo apoio, companhia e auxílio técnico escasso no laboratório durante toda a graduação e mestrado. Agora só falta uns 3%...

Ao Neto por todo apoio, paciência, auxílio e companhia em todos esses anos, contando sementes, tirando fotos, fazendo mapas e me esperando acabar só mais uma coisinha...

Obrigada pela oportunidade de crescer junto e compartilhar esse momento com você.

À minha leal e querida amiga Érika Prado pela amizade, apoio, companheirismo e socorros eternos com o inglês.

À Ana Paula Tinti e Kurt Peters pela amizade, companhia, socorros com planilhas, sushis e opiniões.

Às minhas amigas de laboratório de sempre Ana Paula, Jane e Silvana, por todas as tardes de lereré, pipoca e arazá, por todo o aprendizado e por todo crescimento que tivemos juntas.

Às minhas companheiras de Chaco Fábria Carvalho, Jane Rodrigues, Bárbara Ellen e Zildamara Kolsback, pelas viagens, pela companhia, pelas pizzas e picanhas, e principalmente pelo alívio dos desconfortos do Chaco trazido pela presença de vocês. Agradeço especialmente a Jane e Fábria pelo apoio intelectual durante a execução da dissertação, com fornecimento de dados e discussões de idéias, fundamentais para o resultado obtido.

À D. Helena Sória pelo auxílio técnico e pela agradável companhia no laboratório.

Aos meus queridos estagiários Lauany Cristina, Maria Isabel, Cássia, Pedro Henrique e Cauê, por todo auxílio, pelos dias divertidos de trabalho e pela oportunidade de ensinar alguma coisa a alguém. Saibam que sempre poderão contar com meu apoio e minhas broncas.

Ao Thales pelos socorros administrativos desde sempre, pelas opiniões e risadas.

À Camila Orlandi pela amizade nascida nesse período tão rico e conturbado de nossas vidas.

À toda minha turma de mestrado por compartilhar os desesperos dos prazos, pelos churrascos, pelas tardes de piscina e principalmente pela memorável viagem de “Botânica Recreativa”. A todos vocês desejo muito sucesso, de coração!

À Laise Cristina, Diogo Matos, Gabriel Nassif e todos os consumidores do sempre presente tererê da Anatomia, pelas risadas e companhia.

À Dr^a Edna Scremin Dias por todos os anos de orientação, apoio e dedicação.

Aos professores que participaram de minha formação na graduação e pós, Ângela Sartori, Rosângela Sigrist, Geraldo Damasceno Jr, Arnildo e Vali Pott, Valdemir Laura, Liana Baptista e Edna Scremin.

À Dr^a Ângela Sartori e ao Projeto Casadinho pela viabilidade de coletas, hospedagem, transporte e participação em congressos.

Ao proprietário da fazenda Retiro Conceição, Sérgio Oliveira e família, pela hospitalidade e receptividade com que sempre nos receberam.

Ao Dr José F. M. Valls pelo auxílio na identificação de *Arachis lignosa* e MsC Juliana Santos pela identificação de *Mimosa polycarpa*. À MsC Leila Carvalho da Costa pela identificação de *Stylosanthes hamata*. À Barbara Ellen e Ângela Sartori pela identificação de todas as outras espécies.

Ao Dr Darién Prado pela receptividade e disponibilidade, e principalmente pelos artigos impossíveis de serem conseguidos na internet que tanto colaboraram com muitos dos estudantes do Chaco.

À Capes pela bolsa concedida para realização do mestrado.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho e para meu crescimento durante esse período, e que por qualquer motivo não foram citados nesses agradecimentos, além de minha gratidão, por favor, aceitem também minhas sinceras desculpas.

*“Vá placidamente por entre o ruído e a
pressa e lembre-se da paz que pode haver
no silêncio...”*

Max Ehrmann, 1927.

Sumário

Resumo geral.....	11
General abstract.....	13
Introdução geral.....	14
Referencias bibliográficas.....	22
Normas para publicação.....	27
Anatomia do sistema subterrâneo em leguminosas herbáceas e sub- arbustivas do Chaco brasileiro	32
Resumo.....	32
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Material e métodos.....	35
Resultados.....	37
Discussão.....	42
Referencias bibliográficas.....	51
Figuras.....	56
Considerações finais.....	70

Resumo Geral

A região de transição entre o trópico e a zona temperada da América do Sul, apresenta uma vasta área de aproximadamente 800.000 km² de bosques e florestas semi-áridas, denominada Chaco ou Gran Chaco, que abrange a Argentina, Paraguai, Bolívia e uma pequena área do Brasil, no município de Porto Murtinho, MS. A vegetação desta área é definida pela sazonalidade, altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica, além do solo salino, impermeável e compactado, e em sua composição florística destaca-se a família Fabaceae. A alta representatividade dos componentes dessa família em ambientes com marcado déficit hídrico é relacionada à sua capacidade de rebrota após perturbações. A presença de estruturas subterrâneas especializadas como xilopódios, sóboles, lignotubers, raízes gemíferas, entre outros, com potencial de rebrote são relatados para espécies de ambientes secos como Chaco e Cerrado, por conferir resistência a seca, fogo e perda do sistema aéreo. Diversas espécies apresentam essa estratégia como compensação à dificuldade de reprodução sexuada e formação de bancos de sementes resistentes. Neste estudo foram avaliados os padrões morfológicos, a constituição anatômica e o potencial gemífero de nove espécies herbáceas e subarborescentes do Chaco brasileiro, por meio de técnicas usuais de anatomia e teste de potencial gemífero em casa de vegetação. Nas espécies avaliadas facilmente se distinguem dois grupos segundo a morfologia, o primeiro composto pelas espécies *Galactia latisiliqua* e *G. paraguariensis*, *Mimosa polycarpa* e *Senna pilifera*, com ramificações difusas próximas a região mediana, e o segundo com sistema subterrâneo fusiforme, com raiz principal e raízes laterais finas de quantidade variável, representado pelas espécies *Arachis lignosa*, *Neptunia pubescens*, *Stylosanthes hamata*, *Tephrosia cinerea* e *Zornia reticulata*. *A. lignosa* apresenta sistema subterrâneo composto de caule subterrâneo fusiforme seguido de raiz. O floema condutor da maioria das espécies ocupa pequena proporção do floema secundário. Elementos de vaso solitários, múltiplos de 2-3 ou em pequenos grupos, em arranjo radial, de pequeno diâmetro e comprimento e pouco freqüentes, predominaram na maioria das espécies. Fibras gelatinosas ocorreram em abundância, bem como acúmulo de amido no parênquima axial e radial de todas as espécies. Com exceção de *S. hamata*, todas as espécies apresentaram rebrote basal com formação de gemas próximas ao colo. Foi observada formação de gemas na porção mediana da raiz de *Senna pilifera*, caracterizando essa estrutura como raiz gemífera. As características obtidas para os tecidos dos sistemas subterrâneos das espécies avaliadas, como elementos de vaso de diâmetro reduzido, placas de perfuração simples, traqueídes vasicêntricas e acúmulo de amido no parênquima axial, bem como a capacidade de rebrota evidenciam a adaptação dessas espécies ao ambiente sazonal e demonstra suas estratégias de evitação ao estresse.

Palavras chave: Rebrote- Sistema radicular- Raiz gemífera- Caule subterrâneo

General Abstract

The transition area between the tropic and temperate zone of South America, presents a vast area of approximately 800,000 km² of woods and forests, semi-arid regions, called Chaco or Gran Chaco, which includes Argentina, Paraguay, Bolivia and a small area Brazil, in Porto Murtinho, MS. The vegetation of this area is defined by seasonality, high temperatures and low water availability, as well as saline soil, impervious and compacted, and floristic composition highlights the family Fabaceae. The high representation of the components of this family in environments with a strong water deficit is related to its ability to regrowth after disturbances. The presence of underground structures such as specialized xilopodium, soboles, lignotubers, root buds, among others, potential for regrowth are reported for species of dry environments such as Chaco and Cerrado, for resistance to drought, fire and loss of system air. Several species show this strategy to offset the difficulty of sexual reproduction and formation of seed banks resistant. This study evaluated the morphological patterns, the constitution and the potential anatomical gemmiferous nine species of herbs and subshrubs of the Chaco of Brazil, through the usual techniques of anatomy and potential testing gemmiferous in a greenhouse. In the studied species easily distinguish two groups according to morphology, the first composed by the species *Galactia latisiliqua* and *G. paraguariensis*, *Mimosa polycarpa* and *Senna pilifera* with diffuse branches near the midline, and the second spindle underground system with taproot and fine lateral roots of a variable amount, represented by the species *Arachis lignosa*, *Neptunia pubescens*, *Stylosanthes hamata*, *Tephrosia cinerea* and *Zornia reticulata*. *A. lignosa* presents underground system consists of underground stem followed fusiform root. The conductive phloem of most species occupies a small proportion of secondary phloem. Vessel elements solitary multiples of 2-3 or in small groups, arranged in radial diameter and length of small and infrequent, predominated in most species. Gelatinous fibers occurred in abundance, as well as accumulation of starch in the axial and radial parenchyma of all species. With the exception of *S. hamata*, all species showed regrowth basal bud formation near the cervix. Bud formation was observed in the middle portion of the roots of *Senna pilifera* characterizing this structure as a gemmiferous root. The characteristics obtained for the tissues of the underground systems of the species evaluated, such as vessel elements of small diameter, simple perforation plates, vasicentric tracheids and accumulation of starch in axial parenchyma, as well as the ability to show the regrowth of these species adapt to seasonal environmental and demonstrates their strategies to avoid stress.

Key words: Regrowth- root system- gemmiferous root- underground stem

Introdução Geral

O Chaco

Diferente de outras regiões no planeta, a transição entre o trópico e a região temperada na América do Sul não se apresenta como um deserto, mas como bosques e florestas semi-áridas (Prado, 1993a). Formada pela deposição sedimentar resultante da erosão dos Andes, após o afundamento Pré-Cambriano do escudo Brasileiro, a região do Chaco ou Gran Chaco, nome dado a vegetação que ocorre no centro da América do Sul, cobre cerca de 800.000 km² no norte e centro da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e sudoeste no Brasil, em estreita faixa paralela ao Rio Paraguai, no município de Porto Murtinho no Mato Grosso do Sul (Figura 1) (IBGE, 1991, Prado, 1993ab).

No Chaco são registradas as maiores temperaturas absolutas da América do Sul, com temperatura média variando de 18° C ao sul a 26° C ao norte, com máxima de 48° C (Nunes, 2006, Prado, 1993a). No inverno e primavera, a região apresenta uma forte e marcada estação seca, enquanto a estação chuvosa se estende pelos meses de outubro a abril (Prado, 1993a). O clima influencia diretamente no tipo de solo local, o que resulta em solos de sedimentos finos, pobres em matéria orgânica cujo horizonte húmico geralmente não ultrapassa 25 cm de espessura, variando num gradiente climático.

Segundo Prado (1993b) a região do Gran Chaco é composta de diferentes tipos de vegetação, formadas por elementos florísticos de linhagens distintas, sintetizados numa mesma denominação. Segundo o autor o Chaco, de maneira geral, é caracterizado pela dominância de espécies arbóreas, especialmente do gênero *Schinopsis*, embora savanas sejam componentes importantes no ambiente, e seja comum a ocorrência de pequenas árvores do gênero *Prosopis*. Nas planícies úmidas ao leste, geralmente submetidas a alagamento, são comuns formações monodominantes de *Copernicia alba* (Prado, 1993a).

O Gran Chaco é dividido em duas subregiões e, a porção brasileira situada ao leste é mais úmida, com maior pluviosidade e influenciada pelos rios Paraguai e Pilcomayo (Spichiger *et al.*, 1991; Lewis *et al.*, 1994), diferente da porção oeste mais seca. Possui precipitação média anual de 978 mm, com chuvas concentradas nos meses de novembro a março e temperatura média anual de 25°C (CEMTEC/AGRAER-MS, 2010). Suas características vegetacionais são típicas de Chaco úmido (Brasil, 1982; Adámoli, 1990; IBGE, 1991) com elementos florísticos de Savana Estépica Arborizada (Nunes, 2006) e Savana Estépica Parque (Amador, 2006).

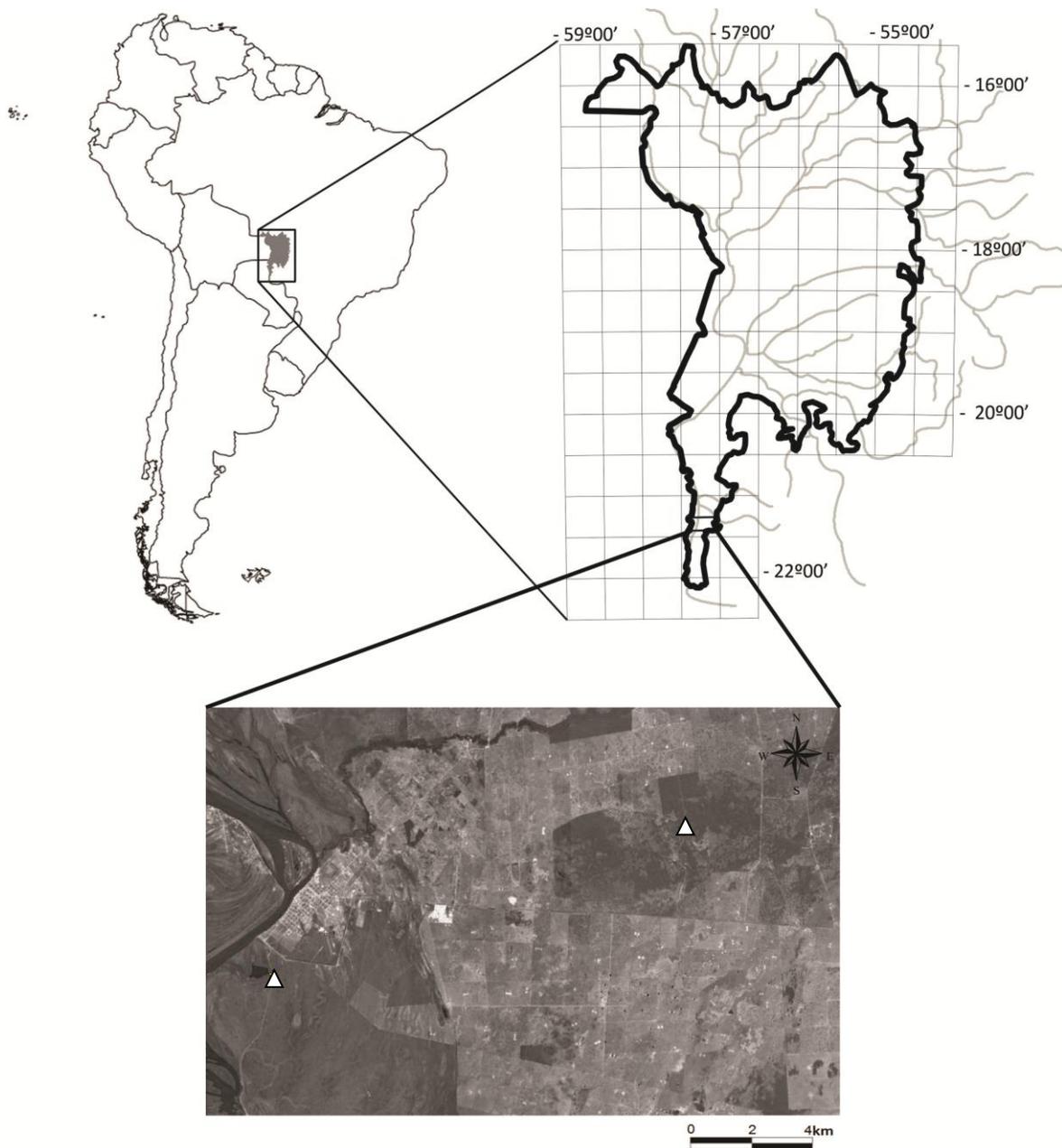


Figura 1: Mapa da América Latina com destaque para o Pantanal e região de Porto Murtinho, indicando áreas de coleta (triângulos). Fonte: Fábio Rosa (2011) e Google Earth .

Na caracterização dos ecossistemas e formações vegetacionais do Brasil o Chaco foi incluído no complexo do Pantanal, correspondendo cerca de 7% da área do Pantanal do Nabileque (Silva *et al.*, 2000), submetida ao regime hídrico sazonal desse bioma. Seu balanço hídrico é fortemente deficitário, e a vegetação é caracterizada por espécies caducifólias, espinescentes com folhas pequenas, e

predominância de plantas xerófitas em matas abertas (IBGE, 1992; Abdon & Silva, 2006).

Fabaceae

Fabaceae é a terceira maior família de Angiospermas com 727 gêneros e 19.325 espécies, distribuídas em biomas de todos os continentes, com diversas espécies de interesse alimentício, produtoras de madeira e forrageiras (Souza & Lorenzi, 2008). Seus componentes destacam-se ecologicamente pela associação com bactérias fixadoras de nitrogênio nas raízes, o que as tornam importantes na conservação do solo de sistemas naturais e cultivados (Perin *et al.*, 2004). Especialmente no Pantanal, onde a inundação é responsável pelo aporte de nutrientes para planície, a capacidade de nodulação e fixação de N é fundamental para a manutenção da matéria no ambiente, processo realizado principalmente por leguminosas (James *et al.*, 2001). Estudo realizado com leguminosas forrageiras no Chaco argentino indicou três usos potenciais dessas espécies: 1- fixação do solo em áreas degradadas por erosão eólica, 2- forrageiras de boa aceitação e potencial nutricional, 3- revegetação de áreas degradadas por sobrepastoreio ou modificações antrópicas (Weberling *et al.*, 2002).

Grande parte das leguminosas forrageiras utilizadas em regiões tropicais são originadas da América do Sul e Central, especialmente os gêneros *Aeschynomene* L., *Arachis* L., *Calliandra* Benth., *Desmanthus* Willd., *Leucaena* Benth., *Macroptilium* (Benth.) Urb. e *Stylosanthes* Sw. (Hacker *et al.*, 1996). Estudos conduzidos nas últimas décadas em remanescentes de Chaco no Brasil, evidenciam Fabaceae como a família mais representativa, especialmente compondo formações de Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Parque (Amador, 2006; Noguchi *et al.*, 2009; Nunes, 2006). A representatividade e sucesso adaptativo dessas espécies no ambiente pode estar relacionada à capacidade de rebrota após perturbações como observado em estudos com espécies da família (Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009, Maroso *et al.*, 2009, Kraus *et al.*, 2007).

Sistemas subterrâneos

Espécies adaptadas a ambientes sujeitos a estresse hídrico pela falta d'água ou salinidade (Fahn e Cutler, 1992), as xerófitas, comumente apresentam especializações estruturais, principalmente nos órgãos subterrâneos, que lhes conferem resistência a seca, fogo e a perda do sistema aéreo, permitindo a emissão de novas gemas em períodos propícios, devido o armazenamento de nutrientes (Cury, 2008; Appezzato-da-Glória, 2008; Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2005). Além disso, as estruturas subterrâneas podem potencialmente servir

para a propagação vegetativa (Apezatto-da-Glória, 2003, Barchuk *et al.* 2006b, Klimesová e Klimes 2007, Alonso e Machado 2007, Canadell *et al.* 1991, Canadell e López-Soria 1998). A manutenção e regeneração de populações vegetais em zonas áridas e sujeitas as queimadas recorrentes ou secas prolongadas, está intimamente relacionada à ocorrência de sistemas subterrâneos gemíferos, geralmente relacionados a inaptidão das espécies em formar bancos de sementes persistentes (Moglia e Jofre, 1998; Kammesheidt, 1999; Barchuk *et al.*, 2006 ab, Kraus *et al.*, 2007, Klimesová e Klimes, 2007).

Diversos estudos realizados em ambientes sujeitos a períodos de falta d'água no solo, principalmente em espécies do Cerrado, demonstram a ampla ocorrência de estruturas subterrâneas especializadas como xilopódios, sóboles, raízes gemíferas entre outros, favorecendo a colonização, e manutenção destas espécies em ambiente com esta peculiaridade (Hayashi e Apezatto-da-Glória, 2005; Hayashi e Apezatto-da-Glória, 2009; Vilhalva, 2004; Munin *et al.*, 2008).

Apezatto-da-Glória e Estelita (2000) estudaram a anatomia do órgão subterrâneo de *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson e *M. velutina* K. Schum., espécies de Apocynaceae que ocorrem no Cerrado, e identificaram estrutura subterrânea composta de raiz tuberosa na parte inferior e xilopódio na região superior. Nesse tipo de organização a raiz armazena grande quantidade de amido e o xilopódio tem capacidade de emissão de novos ramos aéreos, o que confere a planta capacidade de sobrevivência no período seco e rebrota na estação úmida seguinte. Estratégia semelhante foi observada por Vilhalva e Apezatto-da-Glória (2006 a, b) em estudos realizados com *Calea verticillata* (Klatt) Pruski, *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff e *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. ex Baker e por Hayashi e Apezatto-da-Glória (2007) com duas espécies de *Vernonia* (Asteraceae), também no Cerrado. Segundo as autoras o xilopódio dessas espécies constitui a porção central e principal do sistema subterrâneo e emite continuamente numerosos ramos aéreos e raízes laterais, características comuns na família. Para as espécies de Asteraceae supra citadas, é mencionada como característica comum o acúmulo de frutanos como substâncias de reserva. Observações recentes em *Pterocaulon purpurascens* Malme, Asteraceae herbácea que ocorre no Chaco brasileiro, demonstra a ocorrência de estratégia semelhante às relatadas nos últimos estudos, e formação de xilopódio (Yule e Scremin-Dias, 2010).

Alguns estudos têm sido realizados na última década no Chaco, a exemplo do conduzido por Barchuk *et al.* (2006 a, b) em plântulas de espécies lenhosas do Chaco argentino quando eliminada a parte aérea das plantas jovens, e aplicados diferentes graus de sombreamento e altura do corte, há formação de novas gemas, reconstituindo a parte perdida, o que permite a manutenção da população

no ambiente. Kraus *et al.* (2007) observaram a formação de “inchaços” nas raízes de *Hoffmannseggia glauca*, leguminosa herbácea invasora de culturas, que se formam precocemente, sendo detectada grande quantidade de amido, raios e medula amplos e emissão de gemas, além da presença de elementos de vaso de maior calibre que os elementos de vaso da porção aérea. Essas características, segundo os autores, são determinantes na rápida colonização dos ambientes e conseqüentemente para o sucesso da espécie, também relatadas por Molina *et al.* (2002) para duas espécies de *Stylosanthes* presentes no Chaco argentino. Outro tipo de especialização do sistema subterrâneo relatado para plantas herbáceas são os sóboles em cornichão-comum e cornichão-dos-banhados, *Lotus corniculatus* L. e *Trifolium* spp., respectivamente (Maroso *et al.*, 2009). Abordando aspectos morfológicos de 12 espécies de leguminosas herbáceas Weberling *et al.* (2002) destacam o potencial ecológico e funcional de cada espécie segundo o padrão de ramificação. Essas informações, aliadas as relativas à capacidade de regeneração da população e manutenção no ambiente, são fundamentais na exploração das espécies com potencial forrageiro, e auxiliares na recuperação de áreas degradadas.

No Chaco brasileiro, Silva (2011) estudou a morfologia e anatomia do sistema subterrâneo de sete espécies lenhosas, *Bauhinia hagenbeckii*, *Mimosa glutinosa*, *M. hexandra*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis rubriflora* e *P. ruscifolia*, e anatomia de sistemas subterrâneos gemíferos em *Caesalpinia pluviosa*, *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens*. Floema secundário amplo, elementos de vaso estreitos e curtos, solitários ou em pequenos grupos, raios parenquimáticos expandidos no córtex e com amido abundante foram características comuns a todas as espécies e relacionadas ao ambiente. Os sistemas subterrâneos apresentaram gemas endógenas e exógenas.

Espécies que habitam áreas submetidas a períodos sazonais de alagamento ou seca, apresentam xilema com espessura da parede, comprimento, tipos celulares e agrupamento dos elementos condutores distintos, quando comparados órgãos aéreos e subterrâneos, em espécies de diferentes hábitos, havendo pouco conhecimento gerado sobre espécies herbáceas (Kraus *et al.*, 2007) avaliando estas características. As respostas desse tecido ao ambiente são determinantes na interpretação das adaptações das espécies ao ambiente, além de oferecerem subsídios taxonômicos para algumas espécies (Kraus *et al.*, 2010).

A formação de bancos de gemas em comunidades vegetais juntamente com a reprodução sexuada por sementes é essencial para a perpetuação das espécies e manutenção da estrutura das populações (Klimesová e Klimes, 2007). Entretanto, a formação de bancos de sementes nem sempre é viável (Barchuk *et al.*, 2006a),

e o acúmulo de substâncias em órgãos subterrâneos pode ser vantajoso sobre essa estratégia (Klimesová e Klimes, 2007, Appezzato-da-Glória e Cury, 2011). Sistemas subterrâneos possuem ainda importância taxonômica e, para Krapovickas e Gregory (2007), as características mais significativas do gênero *Arachis* são encontradas nas estruturas subterrâneas como frutos, geocárpicos nesse gênero, talos rizomatosos, raízes e hipocótilos.

O estrato herbáceo e subarbuscivo é comumente negligenciado em planos de manejo e recuperação de áreas degradadas, muitas vezes por falta de conhecimento sobre sua composição e riqueza. Estudos florísticos e fitossociológicos geralmente contemplam o estrato arbóreo, detentor da maior parte da biomassa do ambiente e de amplo interesse econômico, posicionando os estratos inferiores apenas como itens adicionais na caracterização da comunidade (Meira-Neto e Martins, 2000). Estudos que considerem as alterações ocorridas nesse gradiente em razão de queimadas, herbivoria ou extrativismo são escassos (Munhoz e Felfili, 2008), especialmente no Chaco. Os componentes dessa porção da comunidade são responsáveis pela proteção do solo contra a erosão e lixiviação (Weberling *et al.*, 2002) além de serem importantes fornecedores de recursos para visitantes florais e dispersores .

O interesse pelo conhecimento das adaptações e estratégias evitadoras das espécies nativas a ambientes secos, a exemplo do Chaco, e o escasso conhecimento a cerca dos componentes herbáceos e subarbuscivos dessa formação, e pela representatividade da família Fabaceae nesse ambiente, especula-se sobre a ocorrência de estruturas e padrões anatômicos semelhantes em 9 espécies de leguminosas, amplamente distribuídas em remanescentes de Chaco no Brasil.

As espécies

A seleção de 9 táxons pertencente as 3 subfamílias de Fabaceae ocorreu pela ampla distribuição nas formações de Chaco.

Papilionoideae

Arachis lignosa (Chodat & Hassl.) Krapov. & W.C. Gregory

Espécie perene, de raiz ereta e com ramificações ausentes ou escassas, ramos laterais prostrados com 10 a 30cm de comprimento, levemente pubescentes, folhas tetrafolioladas, flores amarelas e como todo gênero, seu fruto é geocárpico. Distribuída ao longo do rio Paraguai, no Brasil e Paraguai (Krapovickas e Gregory, 2007). Segundo esses autores a provável origem do gênero é na Serra de Amambai na fronteira do Mato Grosso do Sul com o Paraguai, e a ampla

distribuição atual deve-se a dispersão fluvial, animal e humana, sendo essa última considerada a estratégia mais importante.

Galactia latisiliqua Desv.

O gênero *Galactia* reúne 50 espécies descritas nas regiões tropicais, sendo 45 delas ocorrentes no continente americano, e ainda 46% em Cuba. Como é comum ao gênero, *G. latisiliqua* apresenta nodulação eficiente, considerada assim potencial forrageira e útil na fixação de nitrogênio no solo (Matos *et al.*, 2005). Tourn *et al.* (2009) relata a ocorrência de xilopódios e rizomas em algumas espécies do gênero.

Subarbusto perene, com folhas trifolioladas, flores róseas a violáceas, frutos tipo legume (Matos *et al.*, 2005), com ramos proliferantes, com 30 a 50 cm de comprimento, de extremidades volúveis que crescem usando outras plantas como suporte (Weberling *et al.*, 2002).

Galactia paraguariensis Chodat & Hassl. Benth.

Espécie sinônimo de *Camptosema paraguariense*, citada para o Chaco por Hacker *et al.* (1996). Assim como *G. latisiliqua*, é um subarbusto perene com folhas trifolioladas, de folíolos alongados, e ramos volúveis de 40-60 cm de comprimento. Apresenta nodulação abundante (observação pessoal).

Stylosanthes hamata (L.) Taub.

Segundo Costa *et al.*, (2008), é a única espécie do gênero em formações de savana estépica florestada, no Chaco brasileiro, sendo este o primeiro relato da espécie para o estado de Mato Grosso do Sul. Subarbusto de pequeno porte (14-40cm de altura), com flores amarelas e frutos tipo lomento diminuto (Costa *et al.*, 2008)

Tephrosia cf. *cinerea* (L.) Pers.

Arbusto lenhoso de aspecto variável, com até 60 cm de altura, ramificado, com caule e folhas com tricomas acinzentados. Possui flores de lilás a roxo, dispostas em fascículos e vagens ligeiramente curvas com 5 a 9 sementes. Ocorre em todo o Brasil, em solos secos e arenosos, sendo bastante resistente a secas e por isso, invasora de difícil controle em campos mal utilizados (Maldini *et al.*, 2011, Santos *et al.*, 2007). É relatada hepatotoxicidade em ovelhas (Santos *et al.*, 2007), citotoxicidade e atividade antifúngica (Faria *et al.*, 2006), atividade leishmanicida (Bezerra *et al.*, 2006) e atividade antimicrobiana (Rosado-Vallado *et al.*, 2000) para a espécie.

Zornia reticulata Sm.

Erva com folhas bifolioladas, com flores amarelas em espigas, florescendo de dezembro a junho, frutos tipo lomento com tricomas translúcidos de março a junho e dispersão zoocórica. Ocorre na Índia, sul da América do Norte, América Central, Paraguai e Brasil (Dutra *et al.*, 2009, Sciamarelli e Tozzi, 1996). Cresce bem em solos arenosos e pedregulhosos, é boa forrageira e algumas espécies do gênero são medicinais ou tóxicas (Lewis, 2005).

Mimosoideae

Mimosa polycarpa Kunth.

Subarbusto perene com ramos de 20-40 cm, folhas compostas e pilosas. Suas raízes possuem súber de coloração marrom e o resto da casca de coloração avermelhada. Espécie de distribuição pan-tropical, de solos encharcados e capacidade de nodulação (James *et al.*, 2001). Citada por Guglieri-Caporal *et al.* (2010) e Lewis (2005) como erva daninha. Algumas espécies do gênero são ornamentais ou medicinais (Lewis, 2005).

Neptunia pubescens Benth.

A maioria das espécies do gênero são pan-tropicais onde crescem em abundância em regiões alagáveis, em solos arenosos sem muita matéria orgânica (IRC 2012, James *et al.*, 2001). Toleram bem o alagamento, podendo algumas espécies serem flutuantes de vida livre (Pott e Pott, 2000). São excelentes forrageiras, algumas com potencial apícola (Pott e Pott, 2000). Espécie citada para o Chaco por Hacker *et al.* (1996).

Caesalpinioideae

Senna pillifera (Vogel) H.S. Irwin & Barneby.

Pertence ao gênero de Caesalpinioideae mais representativo no Chaco brasileiro (Alves e Sartori, 2009), é um arbusto decumbente, de ramos cilíndricos, pubescentes, com folhas paripinadas, com dois pares de folíolos opostos, também pubescentes. Apresenta inflorescências com uma a duas flores amarelas e fruto tipo legume, em forma de foice. Distribui-se pela bacia dos rios Paraná e Paraguai, na Bolívia, Paraguai, Argentina, sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, em campos, pastagens cultivadas, brejos inundáveis e ambientes perturbados ou em regeneração (Alves e Sartori, 2009, Pott e Pott, 1994). Utilizada como medicinal contra febres por índios (Pott e Pott, 1994).

Referências Bibliográficas

- Abdon, M. M. e Silva, J.R. 2006. Fisionomias da Vegetação nas Sub-regiões do Pantanal Brasileiro. INPE, São José dos Campos.
- Adamoli, J., Sennhauser, E., Acero, J., Rescia, A. 1990. Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina. *Journal of Biogeography* 17: 491-500.
- Alonso, A. A., e Machado, S. R. 2007. Morphological and developmental investigations of the underground system of *Erythroxylum* species from Brazilian cerrado. *Australian Journal of Botany* 55: 749-758.
- Alves, F. D. M., e Sartori, A. L. B. 2009. Caesalpinioideae (Leguminosae) de um remanescente de Chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 60: 531-550.
- Amador, G. A. 2006. Composição Florística e Caracterização Estrutural de Duas Áreas de Carandazais nas Sub-regiões do Miranda e Nabileque, Pantanal Sul Mato-Grossense, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Appezato-da-Glória, B. 2003. Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. A. S. Pinto, Ribeirão Preto.
- Appezato-Da-Glória, B., e Estelita, M. E. M.. 2000. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stadelm.) Woodson (Apocynaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 23: 27-35.
- Appezato-da-Glória, B., e Cury, G.. 2011. Morpho-anatomical features of underground systems in six Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 981-992.
- Appezato-da-Glória, B., Cury, G. , Soares, M. K. M., Rocha, R e Hayashi, A. H. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 135: 103-113.
- Barchuk, A., M. R. Iglesias, e C. Oviedo. 2006a. Rebrote basal de *Aspidosperma quebracho-blanco* em estado de plântula: mecanismo de persistencia en el Chaco Árido. *Ecología Austral* 16: 197-205.
- Barchuk, A. H., E. B. Campos, C. Oviedo, e M. D. P. Díaz. 2006b. Supervivencia y crecimiento de plântulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. *Ecología Austral* 16: 47-61.
- Bezerra, J. L., Costa, G. C., Lopes, T. C., Carvalho, I. C. D. S., Patrício, F.J., Sousa, S. M., Amaral, F. M. M., Rebelo, J. M. M., Guerra, R. N. M., Ribeiro, M. N. S, Nascimento, F. R. F. Avaliação da atividade leishmanicida in vitro de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 16(Supl.): 631-637.
- Brasil. 1982. Ministério do Meio Ambiente. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro.
- Canadell, J., e L. López-Soria. 1998. Lignotuber reserves support regrowth following clipping of two Mediterranean shrubs. *Functional Ecology* 12: 31-38.

- Canadell, J., Lloret, F. e López-Soria. L. 1991. Resprouting vigour of two Mediterranean shrub species after experimental fire treatments. *Plant Ecology* 95: 119-126.
- CEMTEC/AGRAER-MS. 2010. Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul. Agência de desenvolvimento agrário e extensão rural de Mato Grosso do Sul.
- Costa, L. C., Sartori, A. L. B. e Pott, A.. 2008. Estudo taxonômico de *Stylosanthes* (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 59: 547-572.
- Cury, G. 2008. Sistemas subterrâneos de Asteraceae do Cerrado paulista: abordagem anatômica, ecológica e reprodutiva. Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- Dutra, V. F., Garcia, F. C. P. e Lima, H. C. de. 2009. Papilionoideae (Leguminosae) nos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, MG, Brasil. *Acta botanica brasílica* 23: 145-159.
- Fahn, A. e Cutler, D. F. 1992. Xerophytes. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Faria, M. H. G., Carvalho, T. G., Rabenhorst, S. H. B., Sidrim, J. J. C., Moraes-Filho, M. O. Cytotoxic and Antifungal Properties of Medicinal Plants from Ceará, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66 (4): 1133-1135.
- Fernandez, J. G., Benítez, C. A., Pizzio, R. M., Pallares, O. R. 1988. Leguminosas forrajeras nativas del este de la provincia de Corrientes. Corrientes, Argentina. Série 26.
- Guglieri-Caporal, A., Caporal, F. J. M. e Pott, A.. 2010. Fitossociologia de plantas daninhas de pastagens cultivadas sob dois níveis de degradação em Cerrado, no Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 40:3. 312-321.
- Hacker, J. B., Glatzle, A., e Vannin R. 1996. Paraguay-a potential source of new pasture legumes for the subtropics. *Tropical Grasslands* 30: 273-281.
- Hayashi, A. H., e Appezzato-da-Glória, B. 2005. The origin and anatomy of rhizophores in *Vernonia herbacea* and *V. platensis* (Asteraceae) from the Brazilian Cerrado. *Australian Journal of Botany* 53: 273-280.
- _____. 2007. Anatomy of the underground system in *Vernonia grandiflora* Less. and *V. brevifolia* Less.(Asteraceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 979-988.
- _____. 2009. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. *Revista de Biologia Tropical* 57: 789-800.
- IBGE.1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptado a um sistema universal. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- IRC, 2012. <http://regionalconservation.org/beta/nfyn/plantdetail.asp?tx=Neptpube> acessado em 21/02/2012

- James, E. N. K., Loureiro, M. de F, Pott, A., Pott, V. J, Martins, C. M., Franco, A. A. e Sprent, J. I. 2001. Flooding-tolerant legume symbioses from the Brazilian Pantanal. *New Phytologist* 150: 723-738.
- Kammesheidt, L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 15: 143-157.
- Klimesová, J. e Klimes, L. 2007. Bud banks and their role in vegetative regeneration-A literature review and proposal for simple classification and assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 115-129.
- Krapovickas, A. e Gregory, W. C. 2007. Taxonomy of the genus *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia*. 16. 1-205.
- Kraus, T. A., Grosso M. A., Basconsuelo, S. C., Bianco, C. A., e Malpassi, R. N. 2007. Morphology and anatomy of shoot, root, and propagation systems in *Hoffmannseggia glauca*. *Plant Biology* 9: 705-712.
- Kraus, T. A.; Basconsuelo, S.; Grosso, M.; Malpassi, R. N. 2010. Anatomía comparativa de raíces em papilionoideas leguminosas. Un valor sistemático? *In: Simposio de morfo-anatomia e ecofisiologia. V Conferencia Internacional de Leguminosas Avances no Século XXI. Buenos Aires, 8-14 de Agosto.*
- Lewis, J. P.; Pire E. E.; Vesprini, J. L. 1994. The mixed dense forest of the Southern Chaco. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *Candollea*. 49 (1): 159-168.
- Lewis, G.P.; Schrire B.; Mackinder, B. & Lock, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew Publishing, 577 p.
- Maldini, M., Montoro, P, Macchia, M., Pizza, C., Piacente, S. Profiling of Phenolics from *Tephrosia adunca*. *Planta Med.* 77: 1861 – 1864.
- Maroso, R. P., Carneiro, C. M, Scheffer-Basso, S. M. e Favero, D. 2009. Aspectos morfológicos e anatômicos de cornichão-comum e cornichão-dos-banhados. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38: 1663-1667.
- Matos, Á., Oliver, P. H., Artilles, G. R. e Valdés, L. H. 2005. Revisión taxonómica del género *Galactia* P. Br.(Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 29: 467-494.
- Meira-Neto, J. A. A. e Martins, F. R. 2000. Composição florística do estrato herbáceo-arbustivo de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. *Revista Árvore*. 24(4). 407-416.
- Moglia, M. e Jofre, G. 1998. Response to clearing of woody plants in a forest of quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) and algarrobo (*Prosopis flexuosa*) in the Province of San Luis (Argentina). *Phyton*. 63:257-265.
- Molina, M. G., Kraus, T. A. e Bianco, C. A.. 2002. Forma de crecimiento y anatomía de la raíz de *Stylosanthes hippocampoides* y *S. montevidensis* var. *montevidensis*. *Multequina* 11: 39-49.

- Munhoz, C. B. R. e Felfili, J. M. 2008. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo em campo limpo úmido no Brasil Central. *Acta Botanica Brasilica* 22: 905-913.
- Munin, R. L., Teixeira, R. C. e Sigrist, M. R. 2008. Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth.(Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica*. 31: 15-25.
- Noguchi, D. K., Nunes, G. P e Sartori, A. L. B. 2009. Remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 60: 353-365.
- Nunes, G. P. 2006. Estudos florísticos de formações chaquenhas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Perin, A., Guerra, J. G. M., Teixeira, M. G. e Zonta, E. 2004. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 28: 207-213.
- Pott, A. e Pott, V. J. 1994. Plantas do Pantanal. Embrapa. Corumbá.
- Pott, V. J. e Pott, A. 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa. Corumbá.
- Prado, D. E. 1993a. What is the Gran Chaco vegetation in South America? II: A redefinition. Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. VII. *Candollea* 48: 615-629.
- _____. 1993b. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I: A review. Contribution to the study of flora and vegetaion of the Chaco. V. *Candollea* 48: 145-172.
- Rosado-Vallado, M., Brito-Loeza, W., Mena-Rejon, G.J., Quintero-Marmol, E., Flores-Guido, J.S. Antimicrobial activity of Fabaceae species used in Yucatan traditional medicine. *Fitoterapia*. 71,570 -573.
- Santos, J. C., Riet-Correa, F., Dantas, A. F. M., Barros, S. S., Molyneux, R. J., R. Medeiros, M. T., Silva, D. M., Oliveira, O. F. Toxic hepatopathy in sheep associated with the ingestion of the legume *Tephrosia cinerea*. *J Vet Diagn Invest* 19:690–694.
- Sciamarelli, A. e Tozzi, A. M. G. 1996. *Zornia* JF Gmel.(Leguminosae-Papilionoideae-Aeschynomeneae) in the State of São Paulo. *Acta Botanica Brasilica* 10: 237-266.
- Silva, J. R. 2011. Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de Leguminosae lenhosas do Chaco brasileiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande.
- Silva, M. P. D., Mauro, R., Mourão, G. e Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 143-152.
- Souza, V. C. e Lorenzi, H. 2008. *Botânica Sistemática*. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Spichiger, R.; Ramella, L.; Palese, R.; Mereles, F. 1991. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetables Del Chaco paraguayo: contribución al estudio de La flora y de la vegetación de Chaco. *Candollea* 46: 541-564.

- Tourn, G. M., Cosa, M. T, Roitman, G. G. e Silva, M. P. 2009. Anatomia comparada de hoja en especies argentinas de Galactia. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 44: 25-32.
- Vilhalva, D. A. A. 2004. Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de três espécies de Asteraceae do Cerrado do estado de São Paulo. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Vilhalva, D. A. A., e Appezzato-da-Glória, B. 2006a. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Calea verticillata* (Klatt) Pruski e *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff-Asteraceae. Revista Brasileira de Botânica. 29: 39-47.
- _____. 2006b. Morfoanatomia da raiz tuberosa de *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. in Mart. ex Baker–Asteraceae. Acta Botanica Brasilica 20.
- Weberling, F., Kraus, T. A., Bianco, C. A. e Malpassi, R. 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. Feddes Repertorium 113: 342-353.
- Yule , T. S. e Scremin-Dias, E. 2010. Anatomia do sistema subterrâneo de *Pterocaulon purpurascens* Malme do Chaco brasileiro. VIII Encontro de Botânicos do Centro-Oeste. Goiânia, 26-29 de Julho.

NORMAS DA REVISTA PARA QUAL O ARTIGO SERÁ SUBMETIDO:
JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS

GUIDE FOR AUTHORS .

PREPARATION

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier:

<http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix. Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc. Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided,

but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the

Reference

list. Table footnotes Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required. If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

Please do not:

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation. Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;

2. Two authors: both authors' names and the year of publication;

3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al.(2010) have recently shown' List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S.,

Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Please note that Journal names and references should be provided in full.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and

descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Linking to and depositing data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

Anatomia do sistema subterrâneo em leguminosas herbáceas e sub-arbustivas do Chaco brasileiro.

Tamires Soares Yule & Edna Scremin-Dias

Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária s/n, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Resumo

Ambientes com déficit hídrico, clima sazonal e temperaturas elevadas, similares ao Chaco, possuem plantas com adaptações morfológicas e anatômicas a estas condições, fundamentais para a permanência dessas espécies no ambiente. A ocorrência de sistema subterrâneo gemífero tem sido relatada para diversas espécies, inclusive do Chaco argentino, com importante função na recuperação de sistema aéreo após perda por seca ou fogo, atuando também na reprodução vegetativa dessas espécies. É questionada a existência de sistemas semelhantes, avaliando por meio do estudo anatômico e do potencial gemífero nove espécies de Fabaceae do Chaco. Em cinco das espécies avaliadas houve rebrote na parte basal, somente uma delas apresentou rebrote na raiz (*Senna pilifera*), com gemas reparativas. Somente *Arachis lignosa* apresentou sistema subterrâneo formado por caule e raiz, embora não tenha formado gemas no órgão. Fibras gelatinosas, amido abundante nos raios parenquimáticos, floema secundário amplo e pontuações guarnecidas nos elementos de vaso, ocorreu para a maioria das espécies, e estão relacionadas a evitação do estresse pelo déficit hídrico.

Palavras chave: raiz gemífera- rebrota- sistema radicular- caule subterrâneo

Abstract

Environments with drought, seasonal climate and high temperatures, similar to the Chaco, have plants with morphological and anatomical adaptations to these conditions, essential to the permanence of these species in the environment. The occurrence of gemmiferous underground system has been reported for several species, including the Argentine Chaco, with an important role in system recovery after air loss by drought or fire, and is active in vegetative reproduction of these species. It questioned the existence of similar systems, by evaluating the anatomical study and potential gemmiferous nine Fabaceae species of the Chaco. In five species regrowth was assessed at the baseline, only one of them showed root regrowth (*Senna pilifera*) with reparative buds. Only *Arachis lignosa* presented system consists of underground stems and roots, although no buds formed in the body. Gelatinous fibers, starch abundant in ray parenchyma, phloem and wide vested pits in the vessels occurred for most species, and are related to avoidance of stress by water deficit.

Key words: gemmiferous root- resprouting- root system- underground stem

*Autor para correspondência. Email: edna-scremin.dias@ufms.br

1. Introdução

Estudos conduzidos em ambientes com escassez periódica de água, como Cerrado e Chaco, evidenciam ampla ocorrência de estruturas subterrâneas especializadas em plantas que habitam esses locais. Estas estruturas comprovadamente favorecem a colonização e manutenção das espécies vegetais nestes ambientes. São descritas como principais estruturas especializadas, os xilopódios, sóboles, raízes gemíferas entre outros (Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2005; Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009; Vilhalva, 2004; Munin *et al.*, 2008), descritas como adaptativas ao estresse de falta d'água.

Espécies xerófitas, adaptadas a ambientes sujeitos ao estresse hídrico pela falta de água ou alta salinidade (Fahn e Cutler, 1992), via de regra possuem órgãos subterrâneos com especializações estruturais resistentes não só a seca, como ao fogo e a perda do sistema aéreo (Cury, 2008; Appezzato-da-Glória, 2008; Hayashi & Appezzato-da-Glória, 2005). Outra importante característica apresentada por estas espécies é o armazenamento de nutrientes, em geral carboidratos mobilizados nos diversos tecidos especialmente nos órgãos subterrâneos, reserva disponível para a emissão de novas gemas em períodos propícios (Cury, 2008; Appezzato-da-Glória, 2008; Hayashi & Appezzato-da-Glória, 2005), favorecendo o restabelecendo do aparato fotossintético.

Potencialmente as estruturas subterrâneas também cumprem a função de propagação vegetativa (Appezzato-da-Glória, 2003). Assim, a manutenção e regeneração de populações vegetais em zonas áridas, sujeitas as queimadas recorrentes ou secas prolongadas, está intimamente relacionada a ocorrência de sistemas subterrâneos gemíferos (Moglia & Jofre, 1998; Kammesheidt, 1999; Barchuk *et al.*, 2006a, Kraus *et al.*, 2007). Esta estratégia pode refletir às limitações da reprodução sexuada a partir de sementes, devido poucas espécies estarem aptas a formar bancos de sementes persistentes (Barchuk *et al.*, 2006b, Klimesová e Klimes, 2007), sob condição adversa. Neste aspecto, avaliação da presença e a interpretação das funções de estruturas subterrâneas em plantas, associada aos estudos ecológicos, podem responder aspectos importantes quanto a dinâmica do ecossistema e subsidiar a conservação da espécie.

Órgãos subterrâneos foram descritos para espécies de várias famílias botânicas distribuídas em ambientes marcadamente sazonais, sendo evidenciadas raízes tuberosas na parte inferior e xilopódio na região superior em espécies de Apocynaceae, ocorrente em savanas brasileiras (Appezzato-da-Glória e Estelita, 2000). As espécies avaliadas apresentam a parte radical especializada em

armazenar amido, e outra porção constituída por xilopódio que, potencialmente, emite novos ramos aéreos, permitindo a sobrevivência da espécie no período seco e rebrota na estação úmida. Estratégia similar foi observada para espécies de Asteraceae também de savana brasileira (Vilhalva e Appezzato-da-Glória, 2006 a, b; Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2007). Xilopódio potencialmente gemífero semelhante aos relatadas pelos autores supra citados foi descrito para *Pterocaulon purpurascens* Malme, Asteraceae herbácea do Chaco brasileiro por Yule e Scremin-Dias (2010).

A anatomia das estruturas subterrâneas é variável, sua origem e constituição são importantes para sua correta denominação (Appezzato-da-Glória, 2003). Estas estruturas já foram relatadas para espécies herbáceas da família Fabaceae, entre elas *Arachis* spp., *Lotus uliginosus* e *Trifolium repens* (Kraus *et al.*, 2007; Sheffer-Basso e Carneiro, 2010), amplamente distribuídas no Chaco. Na porção brasileira do Chaco, levantamentos florísticos conduzidos nas últimas décadas, demonstraram que Fabaceae é a família mais representativa desta formação, tal como em sua totalidade, especialmente compondo Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Parque (Amador, 2006; Noguchi *et al.*, 2009; Nunes, 2006). Para o Brasil, a porção do Chaco está incluída no complexo do Pantanal – ambiente com marcada sazonalidade hídrica - e corresponde cerca de 7% da área do Pantanal do Nabileque (Silva *et al.*, 2000), com balanço hídrico fortemente deficitário. A vegetação é caracterizada por espécies caducifólias, espinescentes com folhas pequenas, e predominância de plantas xerófitas em matas abertas (IBGE, 1992; Abdon & Silva, 2006).

Os estudos conduzidos com espécies do Chaco argentino evidenciaram que eliminando a parte aérea de plantas jovens de espécies lenhosas há formação de novas gemas, favorecendo a manutenção das populações (Barchuk *et al.*, 2006 a,b), indicando a potencialidade gemífera da zona de transição entre caule e raiz, e do sistema subterrâneo (Kraus *et al.*, 2007, Molina *et al.*, 2002).

O padrão celular e o arranjo dos tecidos nos distintos órgãos da planta refletem sua história de vida e as adaptações ao ambiente (Scremin-Dias *et al.*, 2011). Pouco conhecimento foi gerado até o momento sobre espécies herbáceas, sendo a presença de sistema subterrâneo e tecidos especializados, determinantes na interpretação das adaptações das espécies ao ambiente, além de oferecerem subsídios taxonômicos para algumas espécies (Kraus *et al.*, 2010).

Características anatômicas, via de regra, expressam adaptações à disponibilidade hídrica do ambiente. Pressupõe-se que estratégias adaptativas – sistema subterrâneo e tecidos especializados -, estão presentes em espécies herbáceas e

sub-arbustivas do Chaco, sendo proposto neste trabalho (i) avaliação da constituição anatômica do sistema subterrâneo de 9 espécies de Fabaceae, herbáceas e sub-arbustivas; (ii) avaliação do potencial gemífero dessas estruturas; (iii) classificação dos órgãos subterrâneos das espécies baseado em características anatômicas e morfológicas e (iv) avaliação do padrão dos tecidos especializados relacionados a adaptações ao estresse no ambiente.

2. Material e métodos

O Chaco ou Gran Chaco cobre cerca de 800.000 km² no norte e centro da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e sudoeste no Brasil, em estreita faixa paralela ao Rio Paraguai, no município de Porto Murtinho no Mato Grosso do Sul (Figura 1) (IBGE, 1991, Prado, 1993ab), onde são registradas as maiores temperaturas absolutas da América do Sul, com temperatura média variando de 18° C ao sul a 26° C ao norte, com máxima de 48° C (Nunes, 2006, Prado, 1993a). O clima influencia diretamente no tipo de solo local, o que resulta em solos de sedimentos finos, pobres em matéria orgânica cujo horizonte húmico geralmente não ultrapassa 25 cm de espessura. Dividido em duas subregiões, a porção brasileira situada ao leste é mais úmida, com maior pluviosidade e influenciada pelos rios Paraguai e Pilcomayo (Spichiger *et al.*, 1991; Lewis *et al.*, 1994), diferente da porção oeste mais seca. Na caracterização dos ecossistemas e formações vegetacionais do Brasil o Chaco foi incluído no complexo do Pantanal, correspondendo cerca de 7% da área do Pantanal do Nabileque (Silva *et al.*, 2000), submetida ao regime hídrico sazonal desse bioma. Possui precipitação média anual de 978 mm, com chuvas concentradas nos meses de novembro a março e temperatura média anual de 25°C (CEMTEC/AGRAER-MS, 2010).

As coletas foram realizadas em dois remanescentes de Chaco, classificados de Savana Estépica Florestada e Savana Estépica Arborizada, segundo IBGE (1991), no município de Porto Murtinho, sudoeste de Mato Grosso do Sul, nas fazendas Flores (21°43'25"S e 57°53'50,9"W) e Retiro Conceição (21°42'19,1"S e 57°45'49,4"W), respectivamente.

Foram selecionadas nove espécies pertencentes à Fabaceae, de hábito herbáceo e sub-arbustivo, com grande ocorrência naquele ambiente: *Arachis lignosa* (Chodat & Hassl.) Krapov. & W.C. Gregory, *Galactia latisiliqua* Desv., *Galactia paraguariensis* Chodat & Hassl. Benth., *Stylosanthes hamata* (L.) Taub., *Tephrosia* cf. *cinerea* Benth. e *Zornia reticulata* Sm. (Subfamília Papilionoideae), *Mimosa polycarpa* Kunth. e *Neptunia pubescens* Benth. (Subfamília Mimosoideae) e *Senna*

pillifera (Vogel) H.S. Irwin & Barneby. (Subfamília Caesalpinoideae). Para todas as espécies, indivíduos floridos foram herborizados e exsiccatas estão sendo preparadas para incorporação ao herbário CGMS/UFMS.

As coletas foram realizadas durante estações seca e chuvosa, obtendo-se pelo menos 5 indivíduos por espécie, coletando o sistema subterrâneo até 30 cm de profundidade, devido não ter sido possível coletar todo sistema subterrâneo pela dificuldade de escavação no solo extremamente compactado. O material foi fixado em FAA 50 por 48 horas (Johansen, 1940), lavado posteriormente em água corrente, desidratado em série etanólica e armazenado em álcool 70%. A porção principal desses órgãos foi emblocada em polietilenoglicol e seccionada em micrótomo de deslize, ou a mão livre em três níveis denominados basal, mediano e apical. O nível basal corresponde ao colo e porção logo abaixo dele, o mediano à porção localizada na metade da extensão da estrutura obtida. O nível apical corresponde à porção do último terço da estrutura, e não à região meristemática da raiz, que raramente foi possível obter.

Os cortes obtidos foram corados com Safranina e Azul de Astra (Bukatash, 1972 *apud* Kraus & Arduin, 1997) para diferenciação da composição da parede celular, e montados em lâminas semi-permanentes com glicerina 50%.

Fragmentos de xilema secundário foram macerados em solução de Franklin, corados em Safrablau e montados em glicerina 50% (modificado de Franklin, 1945 *apud* Kraus e Arduin, 1997).

As medidas de diâmetro e comprimento celular foram obtidas de 3 indivíduos, totalizando 30 células, e obtidos os valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão das mensurações obtidas. A média da frequência de vasos por mm² foi obtida com a contagem dos vasos presentes em 5 repetições de 10 quadrados de 0,1 mm cada, também de 3 indivíduos,

Fragmentos do xilema secundário foram analisados em Microscópio Eletrônico de Varredura. Para tanto, o material foi totalmente desidratado, aderidos no porta-objeto e metalizadas com ouro no Denton Vacuum Desk III. As observações e fotos foram realizadas no Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6880LV.

O teste de potencial gemífero foi conduzido no viveiro do Laboratório de Botânica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, com cobertura de sombrite 50% e irrigação por microaspersão por 10 minutos duas vezes ao dia. A porção aérea de 10 indivíduos de cada espécie foi removida 1cm acima do nível do solo, e a porção subterrânea acomodada horizontalmente em bandejas plásticas perfuradas para drenagem, preenchidas com substrato comercial Tropstrato Florestal[®]. As estacas foram desenterradas e analisadas semanalmente por 30 dias e aquelas

que apresentaram a formação de gemas foram registradas e processadas para o estudo anatômico.

Toda a documentação fotográfica, bem como mensurações de diâmetro, comprimento e frequência celular foi obtida em microscópio fotônico e estereomicroscópio *Leica* acoplados a sistema de captura de imagens, com projeção de escalas micrométricas correspondentes.

3. Resultados

3.1. Morfologia

A análise morfológica do sistema subterrâneo das espécies avaliadas no presente estudo permitiu separá-las em dois grupos, um composto pelas espécies *Galactia latisiliqua* e *G. paraguariensis*, *Mimosa polycarpa* e *Senna pilifera* (Figuras 1, 2, 3 e 4) com raízes laterais difusas e escassas, próximas à região mediana. O segundo grupo apresenta o sistema subterrâneo fusiforme, com órgão principal de espessamento e diâmetro variados, e raízes laterais finas variando em quantidade, representado pelas espécies *Arachis lignosa*, *Neptunia pubescens*, *Stylosanthes hamata*, *Tephrosia* cf. *cinerea* e *Zornia reticulata* (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).

Arachis lignosa foi a única a apresentar caule subterrâneo, com a porção tuberosa fusiforme na base do caule, e ramos plagiotrópicos aéreos e estrutura radicular na porção apical. Essa região, não apresenta nós, entrenós e colo definidos e, morfológicamente, pode ser confundida com raiz tuberosa (Figura 5).

3.2. Anatomia

Entre as nove espécies analisadas, oito possuem colo típico e sistema subterrâneo constituído exclusivamente de raiz, exceto *Arachis lignosa*, que apresenta estrutura caulinar com medula fistulosa ou colapsada, com idioblastos portando cristais prismáticos (Figura 10-detalle).

Sistema subterrâneo de *Senna pilifera* e *Neptunia pubescens* possui colo reduzido e estrutura da raiz diferenciada logo na base do órgão (Figuras 4 e 6).

A periderme (Figuras 11, 14, 15 e 16) apresenta felema com 4 a 10 camadas de células suberizadas, achatadas tangencialmente na maioria das espécies e, *N. pubescens* possui súber constituído por aerênquima, e a feloderme formada predominantemente por séries de 3 camadas celulares, podendo ocorrer 1 ou

mais que 4 camadas portando compostos fenólicos (Figura 12). A feloderme das demais espécies, geralmente evidente, varia de 3 a 10 camadas de células facilmente distintas e, comumente, maiores que as células do floema. Em *S. pilifera* as células da feloderme são distintas do parênquima do floema pelo formato e organização das células, menor espessura da parede celular, e pela menor quantidade de amido presente da feloderme (Figura 13). Grãos de amido ocorrem em abundância na feloderme na maioria das espécies, (Figuras 13 e) exceto em *N. pubescens*, *S. hamata* e *Zornia reticulata*, que apresentam amiloplastos em menor quantidade (Figura 11). Cristais prismáticos, em quantidade variável, ocorrem na feloderme de *A. lignosa*, *M. polycarpa*, *N. pubescens* e *S. pilifera*. Esclereides distribuem-se no limite da feloderme e floema nas espécies *S. pilifera*, *M. polycarpa*, *Galactia latisiliqua* (Figura 14) e *N. pubescens* e, para as duas primeiras espécies, essas células ocorrem raramente, não sendo evidenciada a nítida delimitação destes tecidos.

O floema condutor ocupa cerca de metade a 1/3 do floema secundário na maioria das espécies, com proporção de 1/4 em *Galactia paraguariensis* (Figura 14) e *Tephrosia cf. cinerea* (Figura 15) e 1/5 em *Galactia latisiliqua* e *Stylosanthes hamata* (Figuras 14 e 16). Raios parenquimáticos expandidos são visíveis na porção não condutora do floema (Figuras 15 e 18). Amido no parênquima axial e radial dos tecidos condutores visualizado em todas as espécies, é escasso em *Zornia reticulata* e *N. pubescens* (Figura 11), médio em *Arachis lignosa* e *Senna pilifera* (Figura 13) e abundante nas demais espécies avaliadas (Figuras 14 e 16). Estas organelas tem tamanhos variados e formato circular ocupando grande parte lume celular, exceto em *Mimosa polycarpa*, que se encontram acumulados próximos a parede da célula, sendo predominantemente menores (Figura 26-detalhe)

Todas as espécies avaliadas apresentam fibras gelatinosas nos tecidos condutores (Figuras 14, 17-21), compondo grande parte do sistema axial do xilema e comumente difusas em pequenos grupos no floema, eventualmente solitárias de *Zornia reticulata*, e dispostas em faixas exclusivamente nesse tecido em *Neptunia pubescens* (Figura 31).

Agrupamentos de 2 a 10 elementos de tubo crivado ocorrem na maioria das espécies, exceto em *Galactia latisiliqua* que apresenta estes elementos variando de solitários a múltiplos de 2 (Figura 14-detalhe).

Elementos de tubo crivado em secção transversal têm formato poligonal em *Arachis lignosa*, *Galactia paraguariensis* e *Stylosanthes hamata* (Figura 17), e variando de circular a elíptico (Figura 18) nas demais espécies avaliadas. As placas crivadas variam de exclusivamente oblíquas em *Mimosa polycarpa* e

Tephrosia cf. *cinerea*, obliquas e transversais em *G. paraguariensis*, *Senna pilifera* e *S. hamata* e exclusivamente transversais nas demais. Além de placas crivadas apicais, placas sub-apicais ocorrem em *G. paraguariensis*, *M. polycarpa*, *Zornia reticulata*, *S. hamata* e *Tephrosia* cf. *cinerea*, e placas laterais ocorrem nas três primeiras espécies. Na maioria das espécies foram observadas de 1 a 2 células companheiras nos elemento de tubo crivado, com o máximo de 3 células em *Neptunia pubescens* (Figuras 17 e 18).

A largura do raio parenquimático do xilema e floema varia de 1 a 4 células em *Arachis lignosa*, *Neptunia pubescens*, *Senna pilifera*, *Stylosanthes hamata* e *Zornia reticulata* (Figuras 19 e 20), embora seja exclusivamente unisseriado no xilema da última espécie, e com 3 a 7 células nas demais espécies (Figura 21). Na composição celular do raio predominou células quadradas, eretas e procumbentes (Figura 22), e raios com células quadradas e eretas em *Galactia latisiliqua* e *G. paraguariensis* (Figura 23). O parênquima radial de todas as espécies é não estratificado (Figuras 24 e 25); não lignificado em *A. lignosa*, *N. pubescens*, *S. hamata* e *Tephrosia* cf. *cinerea* (Figura 24).

As raízes de sete das espécies avaliadas são tetrarcas, diarcas em *Zornia reticulata* e triarcas em *Stylosanthes hamata* (Figuras 26-28). O xilema secundário de todas as espécies possui camadas de crescimento geralmente evidenciadas pela alteração do padrão das fibras gelatinosas, porém pouco distintas em *Mimosa polycarpa* (Figura 26). Anéis semi-porosos ocorrem em *Galactia latisiliqua* (Figura 21) e *Zornia reticulata* (Figuras 20 e 28) e anéis com poros difusos ocorrem nas demais espécies (Figura 19 e 26). Os poros tem arranjo tangencial em *Z. reticulata* (Figura 20), difuso em *G. latisiliqua* e *Neptunia pubescens* e radial em todas as outras espécies (Figuras 19 e 21). Os elementos de vaso ocorrem predominantemente solitários ou múltiplos de dois ou três (Figura 26), diferindo apenas para *S. hamata* e *Tephrosia* cf. *cinerea*, apresentados em múltiplos de 2-5 ou pequenos cachos de 3-5 (Figuras 19 e 29). Agrupamento em cadeias radiais de número variável de células são visíveis em *Senna pilifera*, além de solitários e em pequenos cachos (Figura 30).

O comprimento médio, diâmetro tangencial e número de elementos de vaso por mm², apresentados na tabela 2 evidenciam maior comprimento médio para *Z. reticulata*, que apresentou o menor diâmetro médio e maior frequência de elementos de vaso. O menor comprimento médio, maior diâmetro médio e menor frequência de elementos de vaso foi obtido para *T. cf. cinerea*, *N. pubescens* e *A. lignosa*, respectivamente.

Placas de perfuração simples, apicais ou sub-apicais estão presentes nos elementos de vaso de todas as espécies avaliadas (Figuras 24, 25 e 34), bem

como pontoações intervasculares alternas e opostas, predominantemente opostas (Figura 24-detalle). *Senna pilifera* possui pontoações predominantemente alternas (Figuras 25-detalle). Pontoações guarnecidas são visualizadas na maioria das espécies (Figuras 35 e 36) exceto em *S. Pilifera*, que apresentou pontoações areoladas (Figura 37). Pontoações vaso-radiais apresentaram arranjo e tamanho semelhante às intervasculares, exceto em *S. hamata*, ligeiramente maiores. Tilos comuns foram observados em todas as espécies, abundantes em *S. pilifera*, *Mimosa polycarpa* e *Galactia paraguariensis* (Figuras 21-detalle, 26 e 30), nessa última, presente apenas em alguns indivíduos e em locais restritos, sendo escassos nas demais espécies, e raros tilos esclerificados foram observados em *M. polycarpa* (Figura 32). Depósitos de gomas e outras substâncias de natureza desconhecida ocorrem no lume de vasos, nos mesmos locais de ocorrência de tilos em *Arachis lignosa*, *G. paraguariensis* e *S. pilifera*, em vasos periféricos de *Neptunias pubescens* e em vasos solitários de *Zornia reticulata* (Figuras 21, 30, 31).

Traqueídes vasculares predominaram apenas em *Zornia reticulata* (Figura 20), nas demais predominam traqueídes vasicêntricas (Figuras 19,21 e 26). Todas as espécies analisadas possuem abundantes fibras gelatinosas (Figuras 19, 20, 28 e 29), geralmente em grupos, exceto *Senna pilifera* cujas células são escassas isoladas ou em pequenos grupos. Nessas células as pontoações são pequenas, geralmente simples, areoladas em *Arachis lignosa*, *Z. reticulata* e *Stylosanthes hamata*, maiores nessa última. As fibras apresentam comprimento médio variável entre as espécies (Tabela 2), com menores valores médios observados em *S. hamata* e maiores em *Tephrosia* cf. *cinerea*, todas com paredes finas ou ligeiramente espessas.

Tabela 1: Valores mínimo, médio (negrito) e máximo, seguidos de desvio padrão, obtidos para o comprimento, diâmetro e frequência elementos de vaso (EV) por mm², das espécies de Leguminosae avaliadas em remanescentes de Chaco no Brasil.

Espécies	Comprimento fibras (µm)	Comprimento EV (µm)	Diâmetro EV (µm)	EV/mm ²
<i>Arachis lignosa</i>	(306,67)- 656,72 - (1028,93) ± 194,11	(65,57)- 114,69 - (204,68) ± 32,07	(23,99)- 41,65 - (66,11) ± 9,65	(61)- 84,3 -(97,5) ±15,11
<i>Galactia latisiliqua</i>	(312,33)- 660,27 - (1030,45) ± 183,742	(46,71)- 114,96 - (307,01) ± 60,81	(20,98)- 30,92 - (45,35) ± 6,52	(75)- 87,7 -(103) ±10,91
<i>Galactia paraguariensis</i>	(322,99)- 610,38 - (1019,95) ± 150,92	(54,83)- 108,61 - (183,24) ± 29,5	(20,74)- 38,39 - (54,25) ± 8,53	(106,5)- 128,2 - (142) ±14,30
<i>Mimosa polycarpa</i>	(284,84)- 442,45 - (695,54) ± 97,1	(65,90)- 118,71 - (202,08) ± 31,01	(13,55)- 34,99 - (59,06) ± 12,12	(141)- 177,1 -(215) ±32,26
<i>Neptunia pubescens</i>	(404,74)- 609,43 - (918,41) ± 129,48	(65,21)- 131,51 - (200,26) ± 32,71	(25,42)- 48,24 - (81,41) ± 14,66	(74)- 92,7 -(113) ±17,47
<i>Senna pilifera</i>	(251,43)- 388,32 - (570,20) ± 83,42	(122,18)- 187,29 - (262,49) ± 35,99	(18,19)- 36,27 - (63,82) ± 10,34	(94)- 103,8 -(115) ±10,03
<i>Stylosanthes hamata</i>	(199,09)- 360,37 - (599,91) ± 103,43	(61,07)- 111,18 - (156,83) ± 24,65	(12,86)- 32,30 - (53,25) ± 8,56	(59)- 143,3 -(224) ±61,65
<i>Tephrosia cf. cinerea</i>	(421,11)- 783,83 - (1225,26) ± 195,221	(51,38)- 104,64 - (195,18) ± 37,96	(22,56)- 39,01 - (76,85) ± 11,27	(95)- 108,7 - (128,5) ±17,85
<i>Zornia reticulata</i>	(279,68)- 446,47 - (589,90) ± 87,08	(69,51)- 188,51 - (198,54) ± 33,08	(7,98)- 24,62 - (35,43) ± 6,42	(264)- 296,2 -(327) ±29,78

O arranjo, lignificação e número de células do parênquima axial variou entre as espécies avaliadas. Parênquima axial paratraqueal em faixas ou linhas, mais ou menos regulares e contínuas presente em *Arachis lignosa*, *Galactia paraguariensis*, *Neptunia pubescens*, *Senna pilifera*, *Stylosanthes hamata* e *Tephrosia* cf. *cinerea* (Figuras 19, 21, 27, 29, 31), paratraqueal escasso em *Zornia reticulata* (Figuras 20 e 28), e difuso em agregados em *Mimosa polycarpa* (Figura 26). As séries axiais possuem 2 células em *Senna pilifera* e *Tephrosia* cf. *cinerea* (Figura 25), 1 a 4 em *Galactia latisiliqua*, *N. pubescens* e *Z. reticulata* (Figura 24), e células fusiformes nas demais espécies (Figura 33). Cristais prismáticos estão presentes no parênquima axial de *A. lignosa*, *G. latisiliqua*, *N. pubescens* e *S. pilifera* (Figura 25).

3.3. Rebrote e gemas

O rebrote basal foi obtido para 8 das nove espécies avaliadas, após 7 dias do início do teste de potencial gemífero (Figuras 38-47), exceto *Stylosanthes hamata*, que não emitiu gemas durante todo o período de experimento.

A emergência das gemas de *Senna pilifera* ocorreu na base do sistema subterrâneo, na região mediana e em raízes laterais, caracterizando raízes gemíferas nesta espécie (Figuras 46-48). Gemas espontâneas também se formam no córtex secundário de raízes desta espécie, em indivíduos coletadas em campo (Figura 49-detalhe). As demais espécies apresentam rebrotos apenas acima ou no nível do colo (Figuras 38-45 e 50).

As gemas em *Senna pilifera* são formadas a partir da proliferação das células da feloderme e do floema secundário que, após seu desenvolvimento inicial, resulta no rompimento da periderme. Não há mobilização de células do xilema na formação da gema, que tem origem exógena caracterizando gemas reparativas, por meio da emissão do calo de formato irregular e tecido homogêneo (Figura 49). Neste tecido, diversas pequenas gemas iniciam a diferenciação por meio de meristemóides originados de divisões das células do calo (Figura 49).

4. Discussão

4.1. Morfologia

Sistema subterrâneo constituído por raiz principal destacada e escassas raízes laterais, obtidos para *S. hamata*, *Arachis lignosa*, *Neptunia pubescens*, *Tephrosia* cf. *cinerea* e *Zornia reticulata*, corroboram trabalho conduzido por Molina *et al.* (2002) para os padrões de ramificação em *Stylosanthes* spp., ocorrentes no

Chaco argentino. Esse padrão, acompanhado de características anatômicas a exemplo dos raios amplos e grande quantidade de amido, segundo os autores, são responsáveis pelo sucesso de emissão de novos ramos após perturbações. Na área de ocorrência das espécies avaliadas no presente estudo, o solo é extremamente compactado e impermeável, e embora esteja sujeito a alagamento após longas chuvas ou cheias de rios, a umidade, via de regra, não ultrapassa 20 cm da superfície (Prado, 1993a). Para espécies arbóreas é comum o investimento em raízes profundas que atingem águas subterrâneas, em resposta à escassez de água na superfície e a compactação do solo (Silva, 2011), estratégia observada em *Prosopis alpataco* no Chaco argentino (Jobbágy *et al.*, 2008). Entretanto, em herbáceas o acesso ao lençol freático é restrito e, dessa forma, essas espécies aproveitam ao máximo a água disponível na superfície do solo ou logo abaixo dela. Assim, o padrão descrito para as espécies estudadas, com ramificações e raízes laterais distribuídas especialmente nas porções basais e médias das raízes, permite otimizar o aproveitamento das águas superficiais.

Padrões em sistemas de ramificação apontam tendências evolutivas importantes para interpretação e estabelecimento de potenciais usos e métodos de manejo em espécies herbáceas (Molina *et al.* 2002, Weberling *et al.* 2002). Segundo Weberling *et al.*(2002) as estruturas de raízes laterais, como as observadas em *Galactia latisiliqua*, *G. paraguariensis*, *Mimosa polycarpa* e *Senna pilifera*, variam conforme a disponibilidade hídrica, acúmulo de substâncias e necessidade de fixação durante o desenvolvimento da planta, e possuem função fundamental na adaptação ao ambiente em plantas perenes. Contudo, das cinco espécies que apresentaram o mesmo padrão de sistema subterrâneo, com raízes principais destacadas, *Neptunia pubescens* ocorre em áreas com maior disponibilidade hídrica, diferindo das demais espécies avaliadas. Para esta espécie, raízes superficiais facilitam aeração do sistema subterrâneo exposto a hipoxia e/ou anoxia em parte do ciclo sazonal do Chaco.

4.2. Anatomia

Para *Neptunia pubescens* a periderme aerenquimatosa reflete a história de vida desta espécie que habita áreas com período de alagamento periódicos. No Chaco ocorre em porções mais baixas do terreno, em poças ou pequenas lagoas formadas no período de chuvas, devido dificuldade de escoamento, compactação e impermeabilização do solo. Espécies do gênero *Neptunia* podem ser flutuantes de vida livre, a exemplo de *N. pubescens* (Pott e Pott, 2000), e o desenvolvimento de aerênquima nestas espécies, submetidas à hipoxia por alagamento, promove o armazenamento de ar (Scatena e Scremin-Dias, 2006), que auxilia na flutuação e no suprimento de oxigênio para a planta. Também o armazenamento de amido e ocorrência de compostos fenólicos na feloderme da maioria das espécies é

esperado, visto que esse tecido normalmente se comporta de forma semelhante ao restante do parênquima na planta (Mazzoni-Viveiros e Costa, 2006), desempenhando outras funções além do revestimento. A presença de compostos fenólicos nos tecidos de revestimento de *Neptunia pubescens* pode auxiliar na prevenção de ataques de fungos e outros patógenos, prevenindo inclusive contra a deterioração e dessecação dos tecidos (Evert, 2007). O armazenamento de compostos fenólicos em células parenquimáticas parece estar relacionado à formação de esclereides (Machado *et al.*, 2005), e pode ser sugerido para as espécies estudadas que apresentaram esclereides eventuais ou escassas delimitando a periderme do floema secundário.

O floema condutor é bastante reduzido em relação à área total ocupada pelo floema secundário, havendo também pequeno número de elementos condutores em todas as espécies avaliadas. Padrão semelhante, com elementos solitários ou em pequenos grupos, permeados por faixas de fibras foi observado em *Styrax camporum* (Machado *et al.*, 2005), planta que habita ambientes savânicos. Segundo os autores essa estratégia atua como proteção mecânica aos elementos de tubo crivado contra colapso em caso de dessecação. Para Chaves Filho e Oliveira (2008) os mecanismos de condução e partição de fotossintatos pelo floema podem inferir sobre as adaptações das espécies. Floema secundário amplo é de grande importância ecológica nas espécies estudadas (Solleder 1908), visto que esse tecido é a principal via entre os órgãos produtores de carboidratos (folhas e caules fotossintetizantes) e armazenadores (caules e raízes que desempenham essa função), e entre os armazenadores e os demais tecidos (Chaves Filho e Oliveira 2008, Machado *et al.* 2005). O floema condutor, entretanto, geralmente ocupa pequena parte da casca, de 25 a 50% do floema total segundo Evert (2007), e o floema não condutor, por sua vez tem a função de armazenar reservas e substâncias ergásticas até que seja perdido devido à atividade do felogênio. Neste aspecto, a ocorrência de floema amplo, raios parenquimáticos multisseriados, alargados e ricos em amido, consistem em importantes estratégias de todas as espécies estudadas, que estão sujeitas a déficit hídrico prolongado, e podem perder parte do sistema aéreo durante a seca.

A ocorrência de raízes triarcas no gênero *Stylosanthes* assim como a ocorrência de raízes diarcas em espécies do gênero *Zornia* já foi relatada por Molina *et al.* (2002) e Basconsuelo *et al.* (2011), respectivamente, corroborando o presente estudo. É comum a variação do número de pólos de protoxilema entre as espécies do gênero, embora em *Zornia*, raízes diarcas sejam características constantes e com valor taxonômico (Basconsuelo *et al.*, 2011). Raízes tetrarcas também foram observadas em leguminosas arbustivas e arbóreas ocorrentes no Chaco em estudo recente de Silva (2011).

Variações nos padrões anatômicos entre grupos taxonômicos são geralmente devido à diferentes origens cambiais (Basconsuelo *et al.*, 2011). Segundo o autor, em algumas tribos de Papilionoideae o cambio é formado a partir do procâmbio existente entre os tecidos condutores primários, como observado em espécies dos gêneros *Aeschynomene*, *Stylosanthes*, *Trifolium* e *Zornia*. Além dessa origem ocorre a formação de câmbio acessório resultante da diferenciação de células parenquimáticas do xilema e floema, a exemplo dos gêneros *Arachis* e *Galactia*. A distinção de camadas de crescimento está relacionada à resposta da atividade cambial e fatores ambientais como temperatura e disponibilidade hídrica (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000), e tende a ocorrer em ambientes com clima sazonal. O arranjo radial, como observado nos vasos da maioria das espécies no presente estudo, é relatado para espécies submetidas a verões quentes e invernos frios, com mínimas entre 15 e 18° C (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000), temperaturas relatadas para o Chaco (Nunes, 2006, Prado 1993a).

Vasos solitários tendem a ocorrer com freqüência em ambientes úmidos (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000), a despeito do que foi observado no presente estudo. O agrupamento por sua vez permite o estabelecimento de rotas de condução alternativas em caso de embolias ou contaminações (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000, Hacke e Sperry 2001). Elementos de vaso solitários, múltiplos de 2-3 ou em pequenos grupos são observados em outras espécies da família submetidas a condições semelhantes (Silva, 2011, Basconsuelo *et al.* 2011, Metcalfe e Chalk, 1950), e pode estar relacionado a predominância de traqueídes vasicentricas. O conjunto de vasos estreitos e traqueídes vasicentricas nas espécies estudadas, pode cumprir a função de vasos múltiplos, resguardando os vasos de embolias e assegurando a condutividade. A eficiência dessa estratégia pode ser atestada pela pequena freqüência de elementos por área, visto que, apesar do pequeno investimento em células especializadas, prioriza a formação de tecido de armazenamento e a segurança hídrica é mantida.

Embora exista relação positiva entre a eficiência de condutividade e diâmetro e comprimento do elemento de vaso devido a menor resistência imposta à água, em caso de corte do fluxo por déficit hídrico, vasos com maior diâmetro são mais susceptíveis à embolias e cavitações (Evert, 2007, Alder *et al.*, 1996). Elementos de vasos estreitos e curtos na maioria das espécies foram observados em espécies herbáceas, subarbustivas e arbóreas do Chaco (Silva, 2011), e contribuem para a manutenção da condutividade durante os períodos de déficit hídrico. Eventos de embolia e cavitação por congelamento foram menos freqüentes em vasos de calibre inferior a 30-40µm (Davis *et al.*, 1999). No presente estudo a média de diâmetro das espécies variou de 24,62 µm em *Zornia reticulata* e 48,24 µm em *Neptunia pubescens*. Dentro do intervalo obtido por

Davis *et al.* (1999), apenas *N. pubescens* apresentaria maior risco de eventos de cavitação, contrariando o esperado para o ambiente. Essa espécie, porém, é sujeita a alagamentos periódicos, e apresentou elementos de vaso com diâmetro de 25 a 81 μm , além de traqueídes vasicentricas associadas aos vasos. A ocorrência de vasos de diferentes diâmetros garante o sucesso da condutividade tanto nos períodos de déficit hídrico, resguardada pelos vasos de menor calibre auxiliados pelas traqueídes vasicentricas, quanto nos períodos de alagamento, quando os vasos de maior calibre podem desempenhar sua plena função.

A presença de placas de perfuração simples nos elementos de vaso do xilema é característica comum da família Fabaceae, relatado por Solereder (1908), e tem como função reduzir a resistência ao fluxo e facilitar a dissolução de bolhas de ar após eventos de embolia. Alves e Angyalossy-Alfonso (2000), avaliando 491 espécies de 22 famílias, encontraram placas de perfuração simples em 95% delas. As autoras relatam que a presença de placas múltiplas são características de espécies de clima temperado e sujeitos ao congelamento.

Pontoações guarnecidas nos elementos de vaso tem sido relacionadas à ambientes secos (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000) e é citada como característica da família Fabaceae (Marcati *et al.*, 2001), exceto para tribo Cercideae e alguns gêneros da tribo Cassieae (Quirk e Muller, 1985). Segundo Carlquist (1988 *apud.* Marcati *et al.*, 2001), a presença dessa característica estaria relacionada à prevenção de embolias já que aumenta a aderência das moléculas de água a parede do vaso (Carlquist 1988 *apud.* Marcati *et al.*, 2001). *Senna pilifera*, pertencente à tribo Cassieae, não apresentou pontoações guarnecidas. Estudo realizado com 33 espécies de 15 gêneros das tribos Cassieae e Cercideae por Quirk e Miller (1985) relata a ausência de pontoações guarnecidas em todos os gêneros de Cercideae, enquanto em Cassieae, nos gêneros *Ceratonia*, *Cassia*, *Chamaecrista* e *Senna* essas estruturas foram observadas. Dentro da tribo Cassieae foram determinados dois grupos, conforme a presença ou ausência de pontoações guarnecidas. Os autores relatam que a ocorrência de guarnições pode ocorrer juntamente com pontoações simples, não sendo possível a observação em todos os vasos ou pontoações. Vale ressaltar que apesar de não ter sido observada guarnição evidente nas pontoações de *S. pilifera* observadas, a superfície da parede, bem como a membrana de pontoação não são totalmente lisas. Entretanto no presente estudo foi observada apenas uma espécie, e no trabalho de Quirk e Miller (1985), foram contempladas 3 espécies do gênero *Senna* que apresenta um total de 260 espécies, carecendo portanto de estudos mais amplos, que possam elucidar as relações filogenéticas relacionadas a esse caráter dentro do grupo.

Os tilos observados em todas as espécies podem estar relacionados à extinção do fluxo de determinados vasos, especialmente em *Galactia latisiliqua*, espécie na qual estas estruturas predominaram em algumas regiões, combinados com a deposição de gomas. A esclerificação dos tilos em *Mimosa polycarpa* está relacionada à presença de parênquima lignificado nessa espécie, característica menos freqüente nas demais espécies.

A presença de fibras gelatinosas e acúmulo de amido nos raios parenquimáticos observadas são estratégias adaptativas comuns para todas as espécies estudadas, e características marcantes de espécies que ocupam ambientes sujeitos a condições de déficit hídrico (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000, Paviani, 1978, Fahn e Cutler, 1992, Metcalfe e Chalk, 1985, Evert, 2007, Alonso e Machado, 2007), principalmente de estresse pela falta d'água. Essa estratégia também foi observada por Silva (2011) em espécies arbóreas e arbustivas, no mesmo ambiente do presente estudo. Fibras gelatinosas também são relacionadas a tecidos de torção e sistemas subterrâneos (Esau, 1974). Essas células pouco lignificadas possuem lume bastante reduzido devido à expansão da camada interior, celulósica e hidrófila, após a absorção de água (Scatena e Scremin-Dias, 2006, Metcalfe e Chalk, 1985, Evert, 2007). Paviani (1978) observou essas fibras em sistemas subterrâneos de espécies de Cerrado e relaciona sua presença ao armazenamento de água. Visto que esse tipo de célula foi encontrada em grande quantidade nas espécies objeto deste estudo, a função auxiliar no armazenamento de água é bastante provável, devido a condição de déficit hídrico do ambiente.

Raios multisseriados são relatados por Metcalfe e Chalk (1985) como estratégia, priorizando tecidos de armazenamento em relação aos tecidos de sustentação. Segundo os autores, órgãos que apresentam essa mudança precisam aumentar a produção de energia. Hayashi e Appezzato-da-Glória (2005) relatam que a capacidade de armazenamento de amido no sistema subterrâneo influencia a capacidade do vegetal suportar adversidades como secas e queimadas. A ocorrência de amido nos raios parenquimáticos está relacionada à reativação da atividade cambial (Costa *et al.*, 2006), e comumente é iniciada já em fases iniciais do desenvolvimento da planta (Molina *et al.* 2002), pois fornece energia para o processo de divisão celular. Este estoque de energia também permite o crescimento e a formação de novos ramos, frutos e sementes (Chaves Filho e Oliveira, 2008, Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2005, Canadell e López-Soria, 1998) na estação chuvosa, e é diretamente proporcional ao número de rebrotes (Molina *et al.*, 2002). A espessura dos raios presente em algumas das espécies avaliadas, bem como a presença de amido nessa região é relatada por Solereder (1908) para alguns gêneros de Fabaceae – Papilionoideae, e é de ampla

ocorrência em espécies da família no Chaco (Silva, 2011, Basconsuelo *et al.*, 2011, Molina *et al.*, 2002). A presença de amido no parênquima axial por sua vez é relatada como auxiliar na segurança de condutividade, visto que a mobilização desse nutriente para o lume do vaso altera o equilíbrio osmótico e auxilia na manutenção do fluxo (Carlquist, 2009).

A ocorrência de grande quantidade de parênquima armazenador como observado nas espécies avaliadas evidencia sua importância na manutenção de carbono no ambiente (Klimesová e Klimes, 2007) e sugere o potencial econômico forrageiro das espécies (Maroso *et al.*, 2009). Kraus *et al.* (2007) estudando *Hoffmannseggia glauca* no Chaco argentino, ressaltam a importância do armazenamento de água e amido em espécies ocorrentes no Chaco, a exemplo das espécies analisadas no presente estudo.

A ocorrência de cristais escassos e solitários é relatada por Solereder (1908) como característica anatômica da sub-família Papilionoideae, como observado em *Arachis lignosa*. Segundo Metcalfe e Chalk (1985) para neutralizar o ácido oxálico proveniente do metabolismo, os vegetais associam essa substância a cálcio, formando cristais de oxalato de cálcio. Além disso, esses autores defendem que o acúmulo desses cristais tem a função de armazenar cálcio e para defesa contra predação. Evert (2007) relata ainda que a formação de cristais de cálcio em plantas é um mecanismo eficiente e reversível de controle desse nutriente no corpo da planta, além de funcionar como proteção mecânica contra herbivoria, desintoxicação por metais pesados e aumento de resistência mecânica e peso em determinados tecidos ou órgãos. A presença de cristais foi observada em *G. latisiliqua*, *A. lignosa*, *M. polycarpa*, *N. pubescens* e *S. pilifera* em quantidade moderada, portanto devem ocorrer devido a neutralização de resíduos metabólicos e armazenamento de cálcio.

4.3. Rebrote e gemas

Gemas são formadas comumente após quebra da dominância apical por perda ou interrupção do transporte de hormônios (Burrows 1990, Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009, Bosela e Ewers, 1993), estímulo luminoso através da exposição do órgão a luz (Lacey e Johnston 1990), aumento da temperatura em espécies sujeitas a frios intensos (Zasada e Schier 1973) ou danos nas raízes (Burrows 1990). Essas estruturas são classificadas conforme sua origem em adicionais, formadas precocemente com participação de traços ligados ao xilema primário, ou seja, tem origem endógena, ou reparativas, relacionadas à reparação de injúrias ou senescência, sem traços ligados ao xilema, e portanto de origem exógena (Bosela e Ewers, 1997, Appezzato-da-Glória, 2003).

A formação de gemas adicionais de origem endógena na região do colo presente na maioria das espécies avaliadas no presente estudo, não possibilita a categorização em estruturas subterrâneas especializadas (Appezato-da-Glória, 2003, Appezato-da-Glória *et al.*, 2008, Bosela e Ewers, 1997). Apesar de *Arachis lignosa* apresentar caule subterrâneo, não houve formação de gemas nesse órgão. Segundo Bosela e Ewers (1997) gemas adicionais como as observadas para algumas das espécies avaliadas, costumam ser formadas apenas no crescimento inicial da raiz, embora possam ser formadas posteriormente para acréscimo do número de ramificações. Os autores citam a ocorrência dessas gemas em raízes de indivíduos de *Sassafras albidum* com mais de 20 anos. Tendo em vista a longevidade de espécies arbóreas comparadas com espécies herbáceas e subarbustivas, a formação de gemas adicionais em ervas e arbustos talvez ocorra mesmo em estágios mais avançados do desenvolvimento, devido a menor extensão dos tecidos e conseqüente facilidade de translocação de nutrientes.

A raiz gemífera com gemas abundantes e desenvolvidas obtidas para *Senna pilifera* na porção mediana da raiz, formam-se de maneira semelhante às descritas para *Esenbeckia febrifuga* e *Inga laurina*, com calo formado na feloderme, por meio de divisões das células da feloderme e floema secundário, e o cambio vascular participando do estabelecimento do meristema de conexão vascular através de divisões acrópetas (Hayashi e Appezato-da-Glória, 2009). Em *S. pilifera* o estímulo fótico parece ter sido fundamental a formação das gemas, visto que só ocorreram após a exposição parcial acidental da raiz, após algum tempo do período considerado do experimento. Em estudo realizado com *Sassafras albidum*, Bosela e Ewers (1997) os autores não observaram a formação de gemas reparativas devido à ocorrência de injúrias, relacionando-as a distúrbios de condução hormonal e nutricional. Em *Hoffmannseggia glauca*, Caesalpinoideae herbácea daninha amplamente distribuída na América, Kraus *et al.* (2007) observaram a ocorrência de raízes gemíferas associadas a porções tuberosas. Segundo os autores, as regiões tuberosas são responsáveis pelo suprimento de energia enquanto as porções gemíferas das raízes promovem a renovação e propagação vegetativa, e essa estratégia é apontada como responsável pelo potencial invasor da espécie, o que, entretanto, não é relatado para *S. pilifera*.

A capacidade de rebrote ao longo do caule ou raiz após perturbações, presente em diversas espécies principalmente herbáceas (Hayashi e Appezato-da-Glória 2005), caracterizadas como especializações no sistema subterrâneo, é fundamental para manutenção da estrutura da comunidade e permanência das espécies no ambiente (Barchuk *et al.*, 2006b, Klimesová e Klimes, 2007, Alonso e Machado, 2007, Canadell *et al.*, 1991, Canadell e López-Soria, 1998). Assim, a

presença de caules ou estruturas subterrâneas com capacidade de rebrota é estratégica em espécies de ocorrência natural (Klimesová e Klimes, 2007) pois as tornam aptas na formação de banco de gemas, e especialmente em forrageiras (Maroso *et al.*, 2009), já que a fragmentação contribui para a colonização da pastagem ou estrato herbáceo e sub-arbustivo. Por outro lado, essa habilidade possibilita que espécies perenes ou anuais tornem-se pragas de campos arados (Klimesová e Klimes, 2007, Bosela e Ewers, 1997). É relatada a ampla ocorrência de formação de gemas em leguminosas, relacionada à capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio, o que corrobora sua importância na recuperação e conquista do ambiente (Rodrigues *et al.*, 2004, Barchuk *et al.* 2006b, Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009).

Embora *Stylosanthes hamata* não tenha apresentado rebrote durante o teste de potencial gemífero, em teste piloto prévio e em campo foram observados rebrotes também nessa espécie, que pode não ter respondido ao estímulo devido à idade, tamanho, condição sanitária dos indivíduos utilizados ou até do tempo de observação. Segundo Barchuk *et al.*(2006a), a capacidade de rebrote varia conforme o estágio de desenvolvimento, sendo menor em plântulas, o que também é observado em Hayashi e Appezzato-da-Glória (2009). O contrário, porém é relatado por Burrows (1990) em *Araucaria cunninghamii*, em que a resposta a emissão de gemas por perda de sistema aéreo é mais relevante em indivíduos jovens, enquanto adultos respondem melhor a anelamentos. Relatos a respeito de alterações na capacidade de rebrote foram feitas por Barchuk *et al.* (2006ab), que avaliou o potencial de formação de gemas em plântulas após remoção da parte aérea, de diversas espécies lenhosas, de diferentes famílias no Chaco argentino, e observou que além da idade, caducifolia influencia positivamente na formação de brotos de renovação, enquanto a existência de caule único no indivíduo adulto atua reduzindo a taxa de sobrevivência e renovação da maioria das espécies.

A literatura indica presença de sistema subterrâneo em espécies do gênero *Tephrosia* do tipo xilopódio (Pott e Pott, 1994), embora não tenha sido encontrado na literatura especializada nenhum trabalho anatômico relatando esta estrutura em *T. cf. cinerea*. Apesar do rebrote basal obtido para esta espécie no presente trabalho, a estrutura subterrânea não pode ser classificada como xilopódio visto que apresenta grande quantidade de parênquima armazenando amido, consistência macia, e ausência de auto-enxertia, características que definem xilopódios (Appezzato-da-Glória, 2003).

A vantagem da propagação vegetativa promovida por sistemas subterrâneos gemíferos, a exemplo das raízes gemíferas de *Senna pilifera*, sobre a reprodução sexuada por sementes deve-se a possibilidade de armazenamento de água e

nutrientes e, portanto, a manutenção de carbono e propágulos no ambiente (Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009, Klimesová e Klimes, 2007, Appezzato-da-Glória e Cury, 2011). Apesar de estrutura subterrânea especializada só ter sido obtida para esta espécie, para as demais avaliadas houve rebrote na região basal do caule. Além disso, o armazenamento no sistema subterrâneo obtido para todas espécies indica potencial de rebote, por meio da mobilização de fotoassimilados, potencialmente disponível para constituição de novos órgãos aéreos, caso haja perda deste órgãos em períodos menos favoráveis. Para o Chaco, essa estratégia é vantagem adaptativa, visto que diante do déficit hídrico, compactação do solo, que é pobre em matéria orgânica, além da falta de serrapilheira em abundância, a presença deste aparato aumenta a capacidade de resiliência das espécies que habitam o ambiente.

5. Referências

- ABDON, M. M. e SILVA, J.R. 2006. Fisionomias da Vegetação nas Sub-regiões do Pantanal Brasileiro. INPE, São José dos Campos.
- Alder, N. N., Sperry, J. S., Pockman, W. T.. 1996. Root and stem xylem embolism, stomatal conductance, and leaf turgor in *Acer grandidentatum* populations along a soil moisture gradient. *Oecologia* 105: 293-301.
- Alonso, A. A., e Machado, S. R.. 2007. Morphological and developmental investigations of the underground system of *Erythroxylum* species from Brazilian cerrado. *Australian Journal of Botany* 55: 749-758.
- Alves, E. S., e Angyalossy-Alfonso, V.. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA JOURNAL* 21: 3-30.
- Amador, G. A. 2006. Composição Florística e Caracterização Estrutural de Duas Áreas de Carandazais nas Sub-regiões do Miranda e Nabileque, Pantanal Sul Mato-Grossense, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Appezzato-da-Glória, B. 2003. Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. A. S. Pinto, Ribeirão Preto.
- Appezzato-da-Glória, B. e Estelita, M.E.M. 2000. Caracteres anatômicos da propagação vegetativa de *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson e de *M. velutina* (Mart. ex Stedelm.) Woodson - Apocynaceae. *Revista Brasileira de Botânica*. 23(1): 27-35.
- Appezzato-da-Glória, B., e Cury, G.. 2011. Morpho-anatomical features of underground systems in six Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 981-992.
- Appezzato-da-Glória, B., Cury, G., Soares, M. K. M., Rocha, R., Hayashi, A. H. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 135: 103-113.

- Barchuk, A., Iglesias, M. R., Oviedo, C. 2006. Rebrote basal de *Aspidosperma quebracho-blanco* en estado de plántula: mecanismo de persistencia en el Chaco Árido. *Ecologia Austral* 16: 197-205.
- Barchuk, A. H., Campos, E. B., Oviedo, C, Díaz, M. D. P.. 2006. Supervivencia y crecimiento de plántulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. *Ecologia Austral* 16: 47-61.
- Basconsuelo, S., Grosso, M., Molina, M. G., Malpassi, R., Kraus, T., Bianco, C. 2011. Comparative root anatomy of papilionoid Legumes. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206.
- Bosela, M. J., e Ewers, F. W. 1997. The mode of origin of root buds and root sprouts in the clonal tree *Sassafras albidum* (Lauraceae). *American Journal of Botany* 84: 1466-1466.
- Burrows, G. E. 1990. Anatomical aspects of root bud development in Hoop Pine *Araucaria cunninghamii*. *Australian Journal of Botany*. 38:73-8.
- Canadell, J. e López-Soria, L. 1998. Lignotuber reserves support regrowth following clipping of two Mediterranean shrubs. *Functional Ecology* 12: 31-38.
- Canadell, J., Lloret, F., López-Soria, L. 1991. Resprouting vigour of two Mediterranean shrub species after experimental fire treatments. *Plant Ecology* 95: 119-126.
- Carlquist, S. 2009. Xylem heterochrony: an unappreciated key to angiosperm origin and diversifications. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 26-65.
- Chaves Filho, J.T. e Oliveira, R.F. 2008. Variação sazonal do amido armazenado em ramos plagiotrópicos do cafeeiro. *Estudos*, 35(1), 85-102.
- Cury, G. 2008. Sistemas subterrâneos de Asteraceae do Cerrado paulista: abordagem anatômica, ecológica e reprodutiva. Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- Davis, S. D., Sperry, J. S. e Hacke, U. G. 1999. The relationship between xylem conduit diameter and cavitation caused by freezing. *American Journal of Botany* 86: 1367-1372.
- Esau, K. 1974. *Anatomia das plantas com sementes*. Ed. Edgard Blücher LTDA. Califórnia. 293 p.
- Evert, R. F. 2007. *Esau's Plant Anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Fahn, A. e Cutler, D. F. 1992. *Xerophytes*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Hayashi, A. H., e Appezzato-da-Glória, B. 2005. The origin and anatomy of rhizophores in *Vernonia herbacea* and *V. platensis* (Asteraceae) from the Brazilian Cerrado. *Australian Journal of Botany* 53: 273-280.
- _____. 2007. Anatomy of the underground system in *Vernonia grandiflora* Less. and *V. brevifolia* Less.(Asteraceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 979-988.
- _____. 2009. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. *Revista de Biologia Tropical*. 57: 789-800.

- Hacke, U.G.; e Sperry, J.S.; 2001. Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 4, 97 - 115.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- Jobbágy, E. G.; Nosoetto, M. D.; Villagra, P. E.; Jackson, R. B. 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.
- Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kammesheidt, L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 15: 143-157.
- Klimesová, J., e Klimes, L. 2007. Bud banks and their role in vegetative regeneration-A literature review and proposal for simple classification and assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 115-129.
- Kraus, J. E. e Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Editora Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Kraus, T. A., Grosso, M. A, Basconsuelo, S. C, Bianco, C. A. e Malpassi, R. N. 2007. Morphology and anatomy of shoot, root, and propagation systems in *Hoffmannseggia glauca*. *Plant Biology* 9: 705-712.
- Kraus, T. A.; Basconsuelo, S.; Grosso, M.; Malpassi, R. N. 2010. Anatomía comparativa de raíces em papilionoideas leguminosas. Un valor sistemático? In: Simposio de morfo-anatomia e ecofisiologia. V Conferencia Internacional de Leguminosas Avances no Século XXI. Buenos Aires, 8-14 de Agosto.
- Lacey, C. J., e Johnston, R. D. 1990. Woody clumps and clumpwoods. *Australian Journal of Botany* 38: 299-334.
- Machado, S. R., Marcatti, C. R., Morretes, B. L. de e Angyalossy, V. 2005. Comparative bark anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). *IAWA JOURNAL* 26: 477.
- Marcatti, C. R.; Angyalossy-Alfonso, V.; Benetati, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae- Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 24(3). 311-320, 2001.
- Maroso, R. P., Carneiro, C. M., Scheffer-Basso, S. M e Favero, D. 2009. Aspectos morfológicos e anatômicos de cornichão-comum e cornichão-dos-banhados. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38: 1663-1667.
- Mazzoni-Viveiros, S. C e Costa, C. G. 2003. Periderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Anatomia Vegetal. 2 ed. UFV. Viçosa.
- Metcalfe, C. R. e Chalk, L. 1985. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press. Oxford. 2nd ed.
- Moglia, M. e Jofre, G. 1998. Response to clearing of woody plants in a forest of quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) and algarrobo (*Prosopis flexuosa*) in the Province of San Luis (Argentina). *Phyton*. 63:257-265.

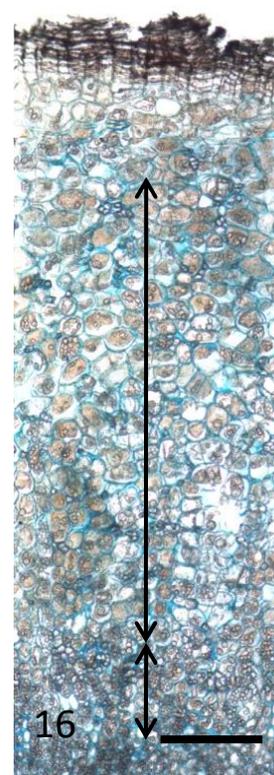
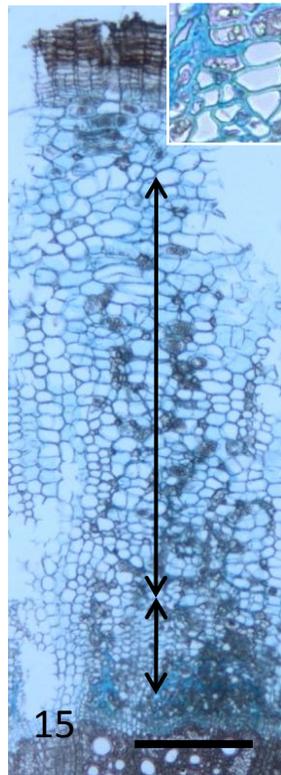
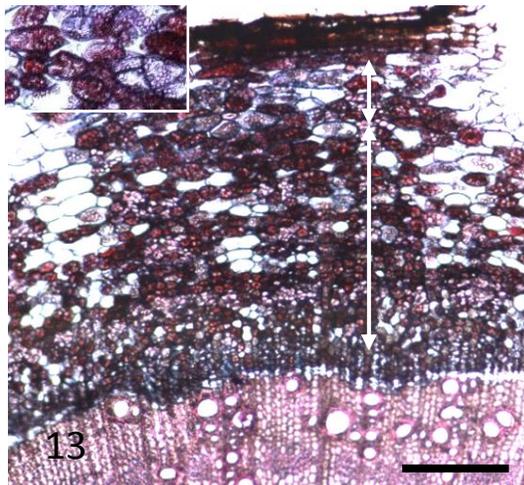
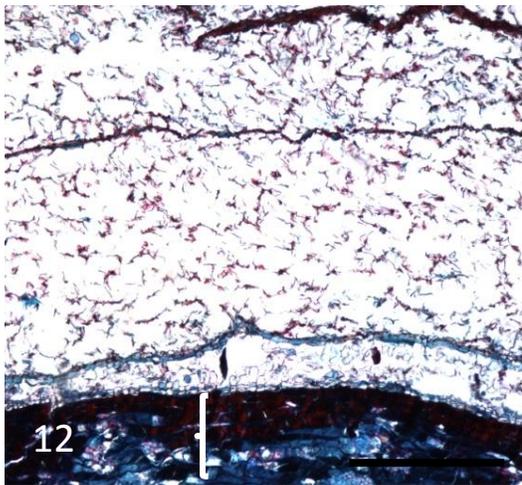
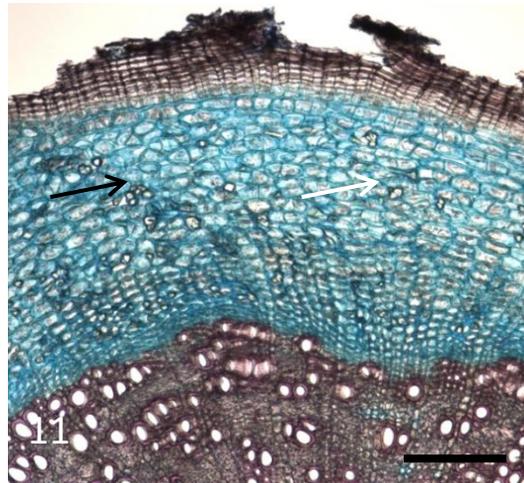
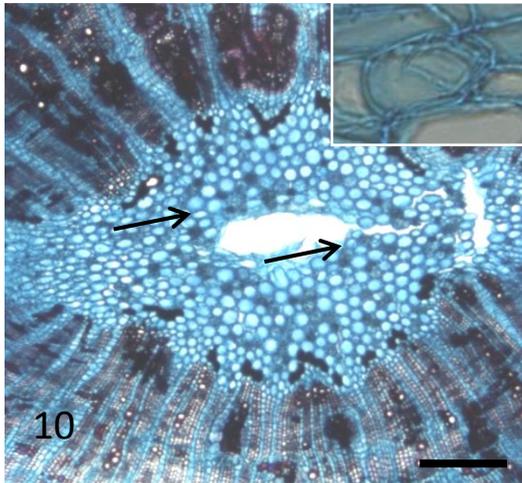
- Molina, M. G., Kraus, T. A. e Bianco, C. A. 2002. Forma de Crecimiento y Anatomía de la Raíz de *Stylosanthes hippocampoides* y *S. montevidensis* var. *montevidensis*. *Multequina* 11: 39-49.
- Munin, R. L., Teixeira, R. C. e Sigrist, M. R. 2008. Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth.(Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 31: 15-25.
- Noguchi, D. K., Nunes, G. P. e Sartori, A. L. B. 2009. Remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 60: 353-365.
- Nunes, G. P. 2006. Estudos florísticos de formações chaquenhas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Paviani, T.I. 1978. Anatomia vegetal e cerrado. *Ciência e Cultura* 30:1076-1086.
- Prado, D. E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I: A review. Contribution to the study of flora and vegetaion of the Chaco. V. *Candollea* 48: 145-172.
- Pott, A. e Pott, V. J. 1994. Plantas do Pantanal. Embrapa. Corumbá.
- Pott, V. J. e Pott, A. 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa. Corumbá.
- Quirk, J. T., e Miller, R. B. 1985. Vestured pits in the tribe Cassieae Bronn (Leguminosae). *IAWA Bulletin*. 6(3): 200-212.
- Rodrigues, R. R., Torres, R. B., Matthes, L. A. F., Penha, A. S. 2004. Tree species sprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 127-133.
- Scatena, V. L. e Scremin-Dias, E. 2003. Parênquima, colênquima e esclerênquima. in: Appezzato-da-Glória, B.; Carmello-Guerreiro, S. M. *Anatomia Vegetal*. 2 ed. UFV. Viçosa.
- Scheffer-Basso, S. M. e Carneiro, C. M. 2010. The complex subterranean system of forage legumes and its importance to germplasm evaluation. *In: Simposio de morfo-anatomia e ecofisiologia*. V Conferencia Internacional de Leguminosas Avanças no Século XXI. Buenos Aires, 8-14 de Agosto.
- Scremin-Dias, E., Lorenz-Lemke, A. P.,Oliveira, A. K. M. 2011. The floristic heterogeneity of the Pantanal and the occurrence of species with different adaptive strategies to water stress. *razilian Journal of Biology*. 71(1): 275-282.
- Silva, J. R. 2011. Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de Leguminosae lenhosas do Chaco brasileiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande.
- Solereder, H. 1908. *Systematic anatomy of dicotyledons*. Claredon Press, Oxford.
- Silva, M. P. d., R. Mauro, G. Mourão, AND M. Coutinho. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 143-152.
- Vilhalva, D. A. A. 2004. Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de três espécies de Asteraceae do Cerrado do estado de São Paulo. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Vilhalva, D. A. A. e Appezzato-da-Glória. B. 2006a. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Calea verticillata* (Klatt) Pruski e *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff-Asteraceae. *Revista Brasileira de Botânica*. 29: 39-47.
- _____. 2006b. Morfoanatomia da raiz tuberosa de *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. in Mart. ex Baker–Asteraceae. *Acta bot. bras* 20.
- Weberling, F., Kraus, T. A., Bianco, C. A. e Malpassi, R. 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. *Feddes Repertorium* 113: 342-353.
- Yule , T. S. e Scremin-Dias, E. 2010. Anatomia do sistema subterrâneo de *Pterocaulon purpurascens* Malme do Chaco brasileiro. VIII Encontro de Botânicos do Centro-Oeste. Goiânia, 26-29 de Julho.
- Zasada, J. C. e Schier, G. A. 1973. Aspen root suckering in Alaska: Effect of clone, collection date, and temperature. *Northwest Science* 47: 100-101.

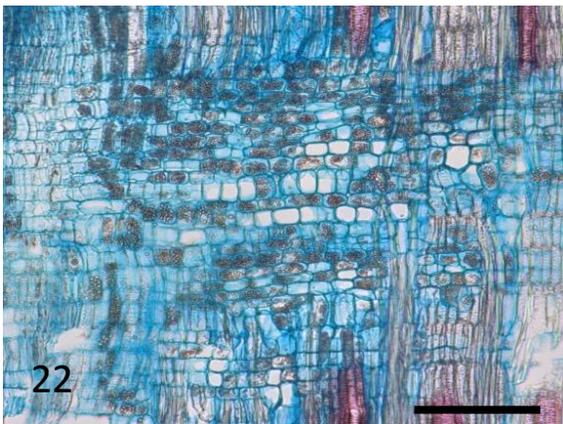
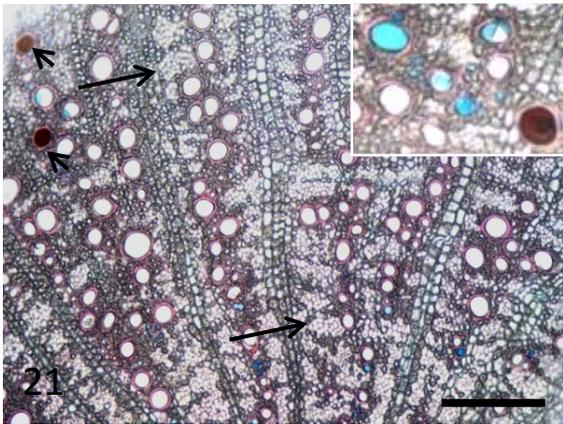
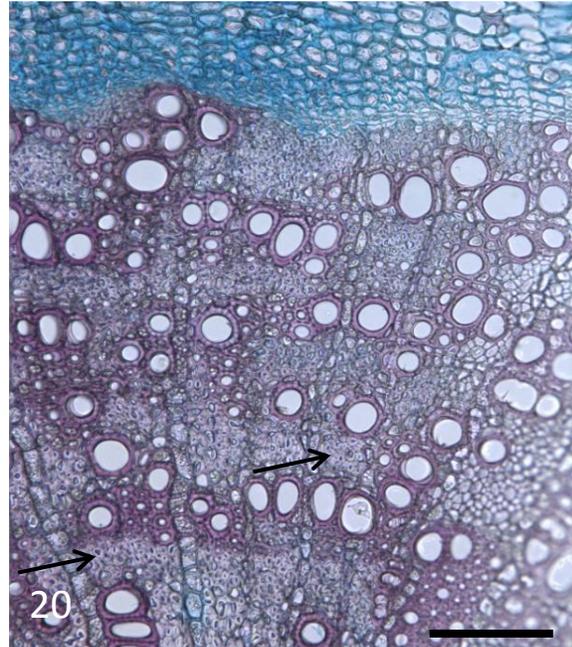
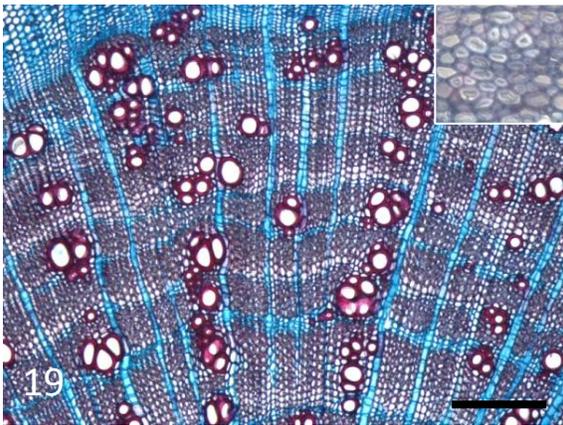
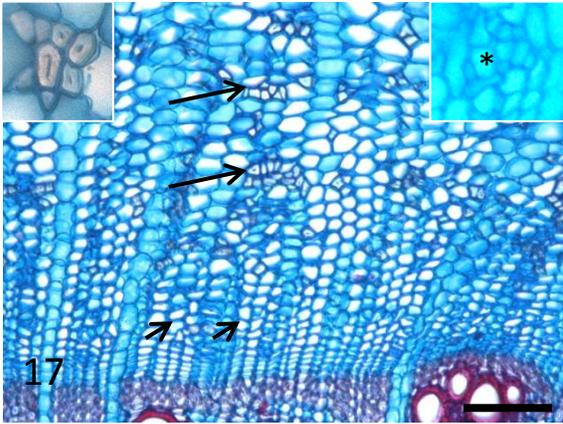
Figuras 1-9: Padrões morfológicos do sistema subterrâneo. 1-*Galactia latisiliqua*. 2-*Galactia paraguariensis*. 3- *Mimosa polycarpa*, 4-*Senna pilifera*, 5-*Arachis lignosa*. 6-*Neptunia pubescens*, 7-*Stylosanthes hamata*. 8-*Tephrosia* cf. *cinerea*, 9-*Zornia lignosa*. Barra=2 cm. Setas horizontais representam o nível do início da raiz, setas oblíquas indicam nível do solo.



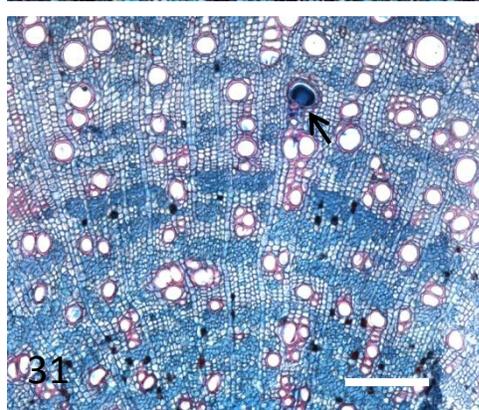
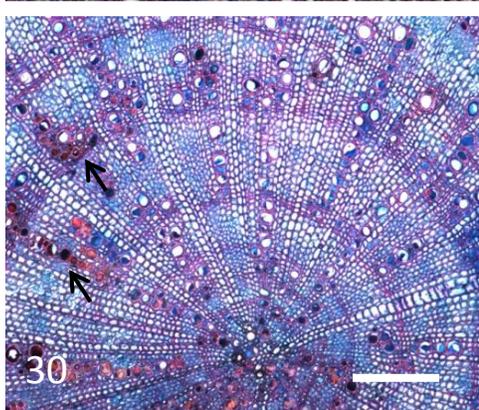
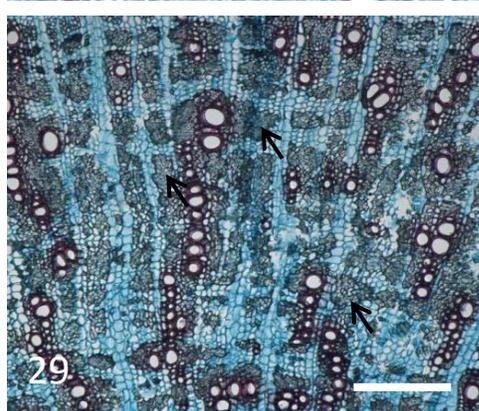
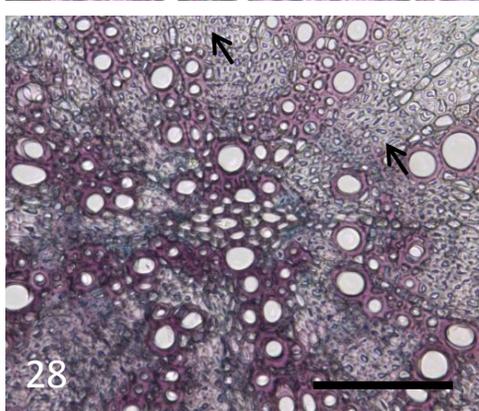
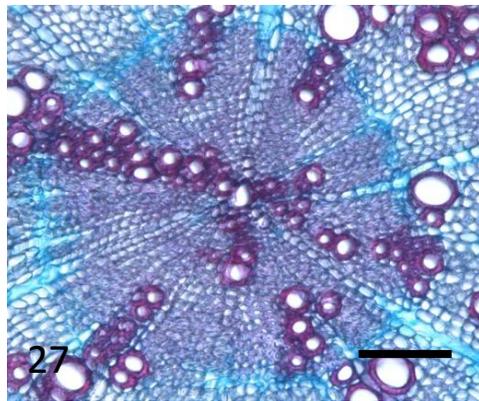
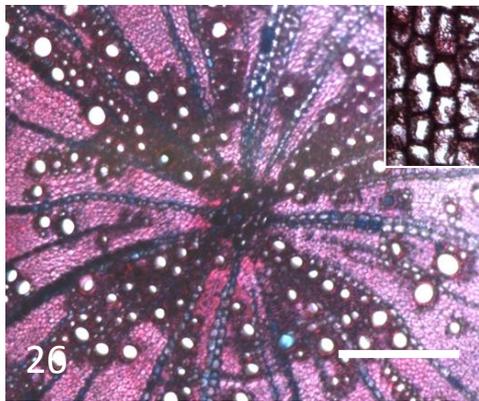
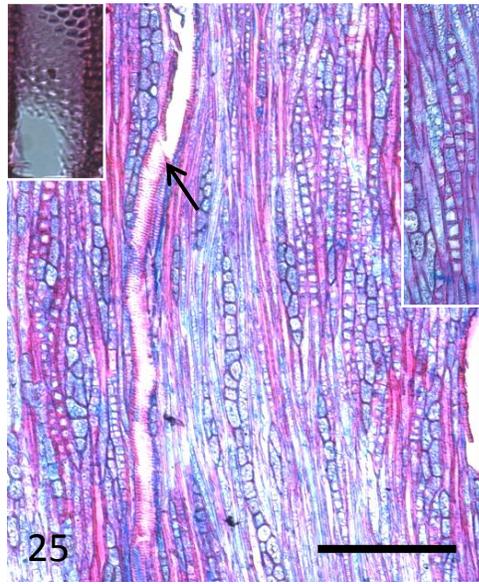
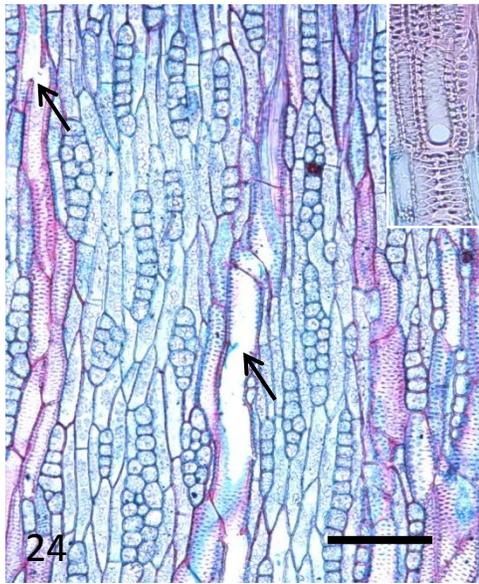
Figura 10-16: Medula, periderme e floema secundário. 10-Medula fistulosa em caule subterrâneo de *Arachis lignosa* com cristais prismáticos (setas e detalhe). Barra= 300µm. 11-Periderme e floema de *Zornia reticulata* com fibras gelatinosas (setas). Barra= 200µm. 12-Periderme com súber aerenquimatoso de *Neptunia pubescens* e feloderme com compostos fenólicos (chave). Barra= 300µm. 13-Feloderme (seta menor) e floema secundário (seta maior) de *Senna pilifera* . Barra= 200 µm. 14- Esclereídes delimitando floema em *Galactia latisuliqua* (seta) e proporção de floema condutor e não condutor (setas duplas). Detalhe dos elementos de tubo crivado (*). Barra= 200 µm. 15- Floema condutor em *Galactia paraguariensis* (seta menor) e não condutor (seta maior), e raio expandido na porção não condutora. Detalhe do elemento de tudo crivado. Barra=300 µm. 16- Floema em *Stylosanthes hamata*. Barra= 200 µm.



Figuras 17-23: Floema e xilema. 17-Floema de *Stylosanthes hamata* com fibras gelatinosas (setas maiores e detalhe esquerda) e elementos de tubo crivado e células companheiras (setas menores e detalhe direita). Barra= 100µm. 18-Floema em *Tephrosia* cf. *cinerea* com fibras gelatinosas (setas e detalhe superior). Detalhe (inferior) dos elementos de tubo crivado e células companheiras (*). Barra= 100µm. 19-Xilema de *S. hamata*. Detalhe das fibras gelatinosas no sistema axial. Barra= 200µm. 20- Xilema de *Zornia reticulata* com fibras gelatinosas agrupadas (setas). Barra= 100µm. 21- Xilema de *Galactia paraguariensis* com grupos de fibras gelatinosas (setas maiores) e gomas (setas menores). Detalhe de tilos comuns e gomas. Barra= 200µm. 22-Raio no xilema de *Arachis lignosa*. Barra= 200µm. 23-Raio no xilema de *G. paraguariensis*. Barra= 100µm.



Figuras 24-31: Xilema. 24-Raios e parenquima axial de *Neptunia pubescens*, com elementos de vaso com placas de perfuração simples (setas e detalhe) e detalhe de pontoações. Barra= 100 μm . 25- Raios e parenquima axial com cristais prismáticos (detalhe direito) de *Senna pilifera*, com elementos de vaso com placas de perfuração simples (seta) e detalhes (esquerdo) de pontoações. Barra= 200 μm . 26- Raiz tetraarca em *Mimosa polycarpa*. Barra= 200 μm . 27-Raiz triarca em *Stylosanthes hamata*. Barra= 100 μm . 28- Raiz diarca em *Zornia reticulata* com grupos de fibras gelatinosas (setas). Barra=100 μm . 29- Padrão de fibras gelatinosas (setas) no xilema de *Tephrosia cf. cinerea*. Barra= 200 μm . 30- Xilema de *S. pilifera* com tilos comuns e gomas (setas). Barra= 200 μm . 31- Xilema de *N. pubescens* com tilos comuns e gomas (setas). Barra= 200 μm .



Figuras 32-37: Xilema e pontoações guarnecidas. 32- Tilos esclerificados em *M. polycarpa* (setas). Barra= 300 μm . 33- Parenquima axial de *Stylosanthes hamata*. Barra= 100 μm . 34- Placas de perfuração simples em elemento de vaso de *Senna pilifera*. Barra= 10 μm . 35-Pontoação guarnecida em *Arachis lignosa*. Barra=1 μm . 36-Pontoação guarnecida em *Tephrosia* cf. *cinerea*. Barra=1 μm . 37- Pontoação areolada em *Senna pilifera*. Barra=1 μm .

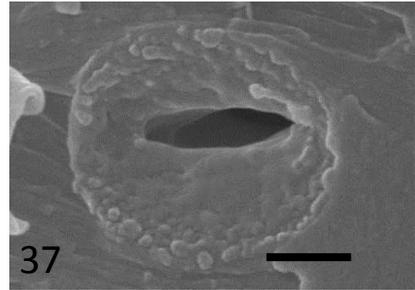
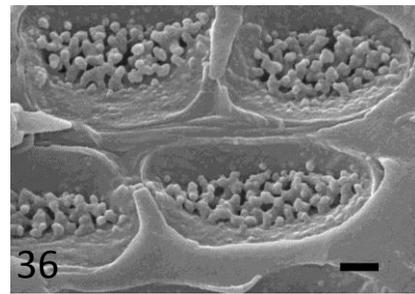
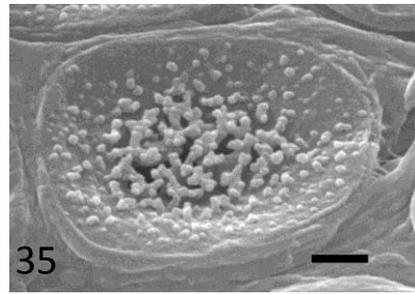
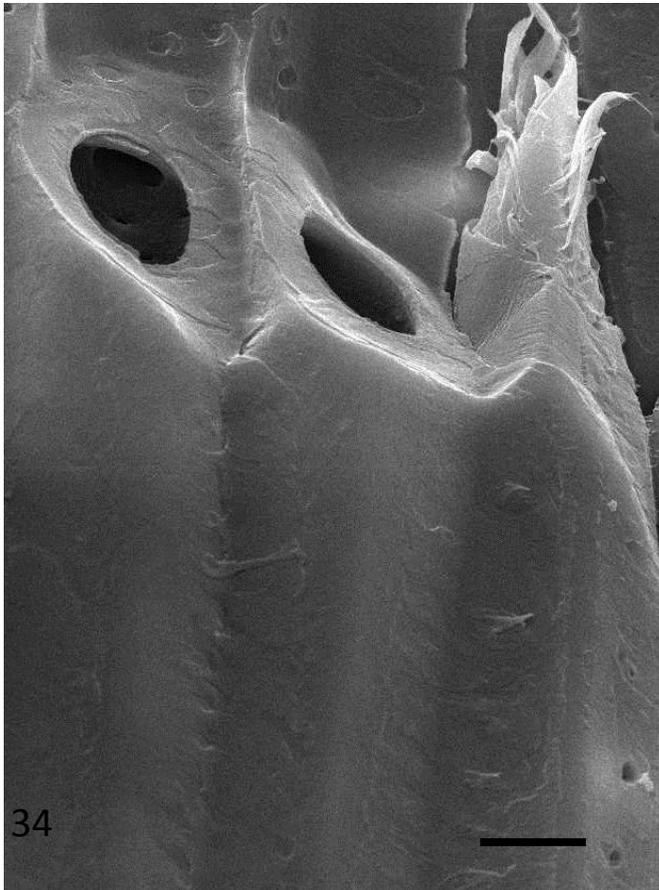
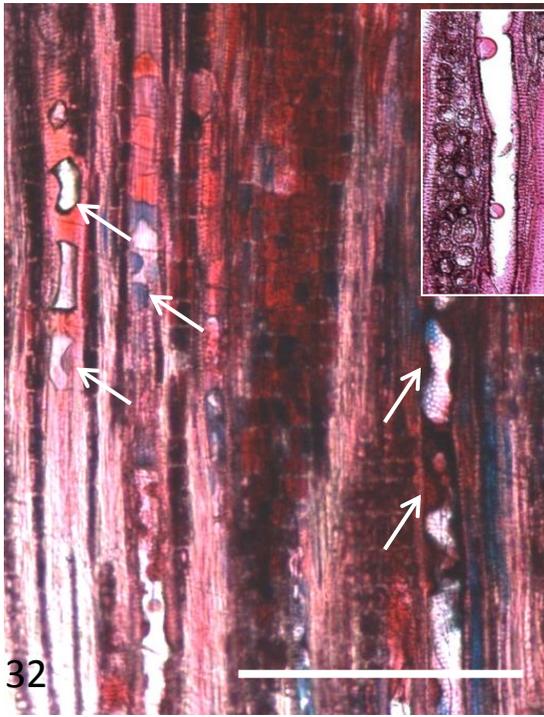
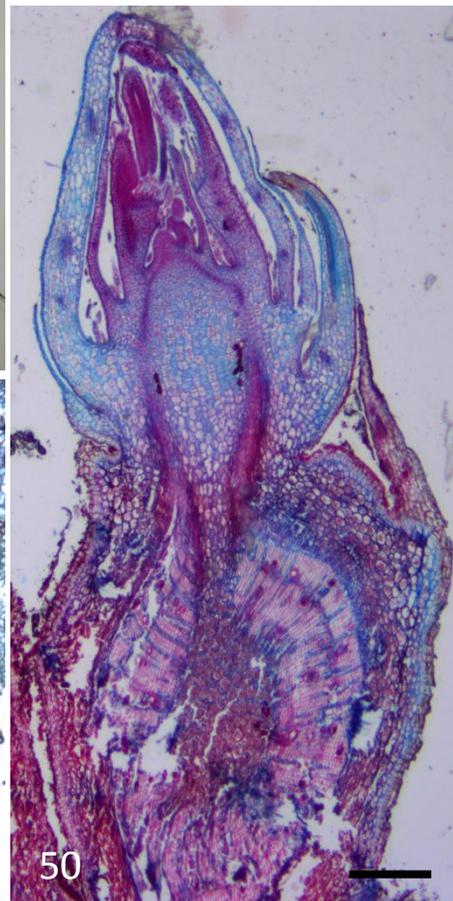
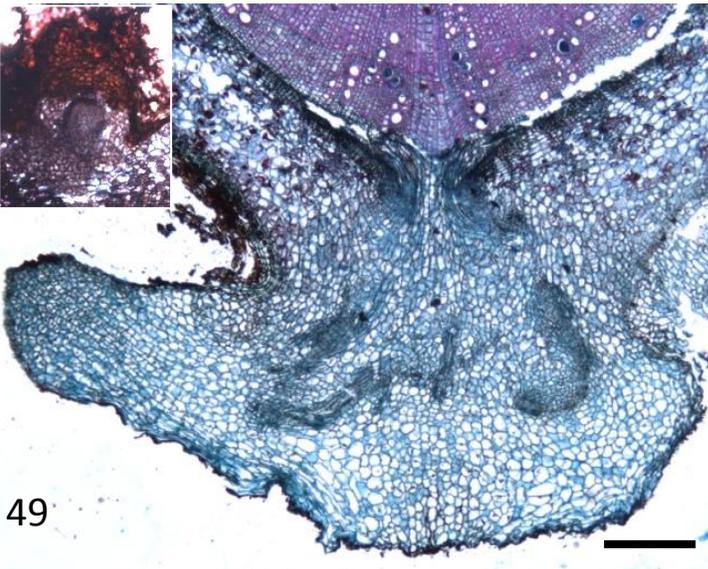
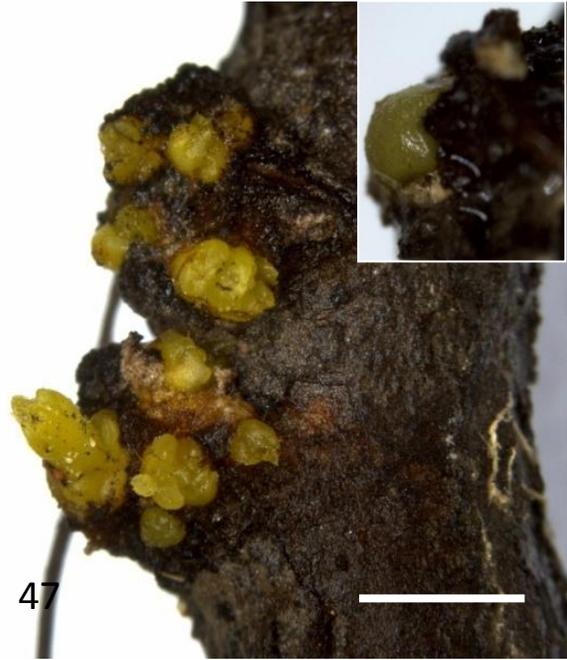


Figura 38-45: Rebrote basal. 38-Rebrote basal em *Arachis lignosa*. Barra= 5mm. 39- Rebrote basal em *Galactia latisiliqua*. Barra= 7mm. 40-Rebrote basal em *Galactia paraguariensis*. Barra=5mm. 41-Rebrote basal de *Mimosa polycarpa*. Barra= 10 mm. 42-Rebrote basal em *Neptunia pubescens*. Barra= 10 mm. 43- Rebrote em *Stylosanthes hamata*. Barra= 10mm. 44-Rebrote basal em *Tephrosia* cf. *cinerea*. Detalhe da gema. Barra= 5mm. 45- Rebrote basal em *Zornia reticulata*. Barra= 5 mm.



Figuras 46-50: Raiz gemífera de *Senna pilifera*. 46-Rebrote na base da raiz lateral em *S. pilifera*. Barra=5mm. 47 Gemas em *S. pilifera*. Detalhe de gema menor. Barra= 5mm. 48-Raiz gemífera de *S. pilifera*. Barra= 2 cm. 49- Calo com meristemóides em *S. pilifera*. Barra=300µm. Em detalhe gema na feloderme. 50-Rebrote basal em *Arachis lignosa*, evidenciando a origem endógena das gemas adicionais.Barra=500µm.



Considerações finais

Características morfológicas observadas nas espécies do presente estudo, como ramificações superficiais e órgão fusiforme com raízes laterais auxiliam na captação de água na superfície do solo na época de disponibilidade hídrica. Aliadas aos caracteres anatômicos, como elementos de vaso de diâmetro reduzido, placas de perfuração simples, traqueídes vasicêntricas e acúmulo de amido no parênquima axial, resguardam a condutividade hídrica durante o período seco.

Em todas as espécies a estratégia prioritária de acúmulo de reserva no parênquima axial e radial, este comumente alargado no floema secundário, e presença de fibras gelatinosas atribuída ao armazenamento de água, amplamente observadas, é relacionada à capacidade de rebrote observada em todas as espécies.

A eficiência de captação e condutividade hídrica associada à capacidade de rebrote é fundamental para a colonização e sobrevivência das espécies no Chaco.