

Vitor Barão

**Relações hídricas e anatomia da relação  
parasita-hospedeira entre *Psittacanthus  
robustus* e *Vochysia thyrsoidea*.**

Water relations and anatomy of the host-parasite  
interaction between *Psittacanthus robustus* e  
*Vochysia thyrsoidea*.

São Paulo

2015

Vitor Barão

**Relações hídricas e anatomia da relação  
parasita-hospedeira entre *Psittacanthus  
robustus* e *Vochysia thyrsoidea*.**

Water relations and anatomy of the host-parasite  
interaction between *Psittacanthus robustus* e  
*Vochysia thyrsoidea*.

Dissertação apresentada ao  
Instituto de Biociências da  
Universidade de São Paulo, para  
a obtenção de Título de Mestre  
em Ciências, na Área de  
Botânica.

Orientador(a): Prof. Dr. Gregório  
Ceccantini

## Ficha Catalográfica

---

Barão, Vitor

**Relações hídricas e anatomia da relação parasita hospedeiro entre *Psittacanthus robustus* e *Vochysia thyrsoidea*.**

61 páginas

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica.

1. Arquitetura hidráulica 2. Anatomia da madeira 3. Plantas parasitas. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Botânica.

Comissão Julgadora:

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr.(a). Gregório Ceccantini  
Orientador(a)

À professora Maria José Dias,  
que me ensinou a perguntar.

(...)  
deixa a seiva correr  
bem devagar  
o dia nasceu.  
(...)

*Arnaldo Antunes*

## Agradecimentos

---

Este trabalho é colaborativo, assim como a ciência e o conhecimento são por essência. No que está escrito aqui há um pouquinho de cada um com quem compartilho e compartilhei descobertas. E há também um pouquinho de cada cientista que me antecedeu. O primeiro agradecimento é, portanto, para cada pesquisador que compartilhou suas ideias ao longo dos séculos e deu corpo ao conhecimento que embasa minha pesquisa.

Grandes cientistas colaboraram com este trabalho sugerindo métodos, oferecendo possibilidades e analisando materiais. Agradeço aos doutores Hervè Cochard (França), Peter Baas (Holanda), Frederic Lens (Holanda), Georg Von Arx (Suíça), John Sperry (EUA).

Agradeço muito ao Prof. Dr. Rafael de Oliveira (UNICAMP) pelo apoio durante todo o trabalho. Com ele e seus alunos Cleiton, Paulo e Fernanda, descobri pares altamente colaborativos que me ajudaram a entender problemas, métodos e possibilidades. O laboratório do Prof. Dr. Rafael de Oliveira e o LAFIECO, do Prof. Dr. Marcos Buckeridge, cooperaram ativamente com o trabalho desde o início, disponibilizando dezenas de milhares de reais em equipamentos para as coletas em campo, com treinamento e suporte.

Diversas plataformas colaborativas foram usadas, agradeço aos criadores, mantenedores e colaboradores dos projetos PrometheusWiki, Roxas, Cria, Fiji, ImageJ, Mendeley, DetWeb e Coffitivity.

Agradeço a todos os amigos que colaboraram de maneiras variadas. Em especial à Tutty, Nathy e Eric pelo apoio brutal em uma expedição muito difícil, ao Giu e a Nara pelo apoio sempre presente, discussões e sugestões, à Gisele, Tássia, Paula, Waldir, Berthi, Rob e Fer pelo apoio técnico nos laboratórios.

Muito obrigado à todos os professores que colaboraram com material, suporte e sugestões: Prof. Dra. Verônica Angyalossy, Prof. Dr. Sérgio Tadeu, Prof. Dr. Diego Demarco, Prof. Dr. Gilberto Kerbauy, Prof. Dr. Sérgio Rosso.

Agradeço ao amigo Marcelo Pacce, que além de me ensinar italiano durante um congresso, notou um equívoco durante uma conversa de almoço que mudou o rumo desta pesquisa e originou o capítulo 1 desta dissertação.

Este projeto teve apoio institucional de diversas fontes. Agradeço à USP, IB-USP, IB-UNICAMP, Naturalis, CNPq, Capes, FAPESP, IAWA, ICMBio, Parque Nacional da Serra do Cipó.

Plácido produziu cortes em semanas que pouparam anos de trabalho, e Milena ajudou com muitas análises em muito pouco tempo, duplicando os números amostrais de alguns experimentos. Carol, Cairo, André, Júlio e Sr. Antônio compartilharam comigo muito conhecimento. Muito obrigado!

Agradeço também a todos que apoiaram emocionalmente o desenvolvimento deste projeto: todos os meus amigos, minha família e minha doce companheira Nadira.

Muito obrigado ao meu pai, que me fez as primeiras perguntas, e a minha mãe, que apoia minhas pesquisas desde a minha primeira lente de aumento.

Por fim, agradeço ao Prof. Dr. Gregório Ceccantini, orientador, amigo e ídolo que tem se empenhado por minha

formação ampla e sólida há mais de 5 anos. Muito obrigado por todas as oportunidades, conselhos, discussões, e leituras de última hora, inclusive durante as noites chuvosas de domingo.



## ÍNDICE

<b>Introdução Geral</b>	10
<b>Capítulo 1.</b> Anatomia da conexão hidráulica entre <i>Psittacanthus robustus</i> e <i>Vochysia thyrsoidea</i> .	14
Resumo	14
Introdução	15
Materiais e Métodos	17
Resultados	20
Discussão	28
Conclusões	36
Bibliografia	36
<b>Capítulo 2.</b> Influências da hemiparasita <i>Psittacanthus robustus</i> na forma e função das árvores hospedeiras <i>Vochysia thyrsoidea</i> .	38
Resumo	38
Introdução	39
Materiais e Métodos	40
Resultados	47
Discussão	52
Conclusões	55
Bibliografia	55
<b>Discussão Geral e Conclusões</b>	57
<b>Resumo</b>	60
<b>Abstract</b>	61

## INTRODUÇÃO GERAL

A disponibilidade de água é um fator limitante para plantas terrestres e condiciona sua distribuição em diversos ambientes. Isso porque estes organismos obtêm carbono do meio através de trocas gasosas que, inevitavelmente, causam perda de água. Os estômatos regulam a conectividade da planta com a atmosfera balanceando obtenção de dióxido de carbono e perda de água. A obtenção e a regulação hídrica estão, dessa forma, intimamente relacionadas com a aquisição e fixação de carbono, e consequentemente ao crescimento e às demais funções metabólicas.

O sucesso das espécies nos ambientes depende de sua capacidade de manter o status hídrico das folhas suficientemente alto para que os estômatos possam se abrir, permitindo a difusão de CO<sub>2</sub> para o mesófilo e assim taxas fotossintéticas favoráveis. Elas dependem, para isso, da eficiência da reposição da água perdida nas folhas, que é feita por um complexo sistema hidráulico que se estende por todo o corpo da planta. Ele proporciona transporte de seiva rápido e de baixa resistência, por meio de uma rede interconectada de elementos condutores do xilema (i.e. vasos e traqueídes) (SPERRY, 2003). Esta rede promove o transporte de água e nutrientes por meio de fluxo de massa, que soma, ao longo de todo o corpo da planta, aproximadamente apenas 50% da resistência total ao fluxo, sendo o restante relacionado a curtíssimos trechos entre a superfície das raízes e o estelo, e entre as terminações dos vasos no mesófilo das folhas e as aberturas estomáticas (NARDINI; SALLES; JANSEN, 2011).

Estes níveis de eficiência no transporte de água se devem ao ajuste preciso das características estruturais de todas as partes envolvidas no funcionamento dos sistemas hidráulicos, de acordo com as características específicas de fluxo, pressão e vulnerabilidade, que decorrem da interação do organismo com o ambiente e de suas estratégias ecofisiológicas.

Os ajustes se dão de três formas: i) ao longo da evolução, com seleção de características favoráveis; ii), ao longo da vida dos indivíduos, que podem regular as propriedades do xilema dentro de limites de plasticidade durante a formação de novas camadas de xilema pelo cambium; iii) e a curto prazo, pela

modificação rápida e temporária de propriedades do sistema em resposta a variações na composição da seiva (NARDINI et al., 2012).

As particularidades do sistema hidráulico de cada espécie, e possivelmente de cada indivíduo, são resultado de uma demanda conflitante entre eficiência de transporte de seiva, segurança contra embolismos e suporte mecânico, que por sua vez é regida pelas interações entre a planta – com sua plasticidade herdada - e o ambiente. Por estes motivos a arquitetura hidráulica (conjunto de características e propriedades do sistema hidráulico (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002) varia amplamente entre espécies e habitats diferentes (BADEL et al., 2015).

Estes sistemas, embora abertos em um contínuo entre o solo e atmosfera, possuem unidade e funcionam como circuitos coesos formados pela conexão de partes compatíveis. A integração das partes se dá pelo ajuste estrutural e pela coordenação realizada na porção distal do sistema, pelos estômatos. Eles gerenciam o sistema através do controle da demanda e da tensão das colunas de seiva, com base em alças de feedback relacionadas à hidratação dos tecidos, eficiência do uso da água e limites fenotípicos de pressão.

Nesse contexto, tornam-se especialmente interessantes os casos em que se formam sistemas hidráulicos híbridos. É o caso de relações estabelecidas com a instalação de plantas hemiparasitas, que possuem haustórios conectando funcionalmente seu xilema ao da hospedeira. Dentre os diversos grupos de ervas de passarinho há vários modos de conexão com diferentes tipos de haustório (MATHIASSEN et al., 2008), mas em todos eles forma-se um sistema hidráulico híbrido e contínuo, formado por sistemas com estrutura e funcionamento diferentes.

O gênero de hemiparasitas *Psittacanthus* possui haustórios com as maiores galhas já descritas e copas de grandes dimensões (KUIJT; LYE, 2005). Estas plantas muitas vezes se associam a hospedeiros pequenos, compondo situações interessantes em que o sistema hidráulico da parasita tem dimensão equivalente ou superior ao da hospedeira. Além disso, nessas plantas com grandes áreas foliares, a influência do seu comportamento

hídrico é, provavelmente, de grande impacto para o status do sistema como um todo.

BELL & ADAMS (2011) revisaram recentemente a literatura sobre forma e função de sistemas parasita-hospedeiro, e destacaram diversos trabalhos em que observa-se influência da parasita na forma e no funcionamento da hospedeira, com modificações anatômicas do xilema dos galhos parasitados (MEINZER; WOODRUFF; SHAW, 2004).

O objetivo deste trabalho é analisar em conjunto forma e função da associação entre *Psittacanthus robustus* e *Vochysia thyrsoidea* para testar hipóteses e propor explicações sobre um sistema hidráulico híbrido extremo. No CAPÍTULO 1 estudou-se em detalhe a estrutura da conexão, que envolve o haustório e os sistemas vasculares das duas plantas, e no CAPÍTULO 2 foi feita uma análise funcional da relação, empregando diversos experimentos de arquitetura hidráulica *in situ* e *ex situ* para obter os parâmetros do sistema híbrido formado.

## BIBLIOGRAFIA

BADEL, E. et al. Acclimation of mechanical and hydraulic functions in trees: impact of the thigmomorphogenetic process. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. April, p. 1–12, 2015.

BELL, T. L.; ADAMS, M. A. Attack on all fronts: functional relationships between aerial and root parasitic plants and their woody hosts and consequences for ecosystems. **Tree physiology**, v. 31, n. 1, p. 3–15, jan. 2011.

CRUIZIAT, P.; COCHARD, H.; AMÉGLIO, T. Hydraulic architecture of trees : main concepts and results. **Ann. For. Sci.**, v. 59, p. 723–752, 2002.

KUIJT, J.; LYE, D. Gross xylem structure of the interface of *Psittacanthus ramiflorus* (Loranthaceae) with its hosts and with a hyperparasite. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 147, n. 2, p. 197–201, fev. 2005.

MATHIASSEN, R. L. et al. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management. **Plant Disease**, v. 92, n. 7, p. 988–1006, 2008.

MEINZER, F. C.; WOODRUFF, D. R.; SHAW, D. C. Integrated responses of hydraulic architecture , water and carbon relations of western hemlock to dwarf mistletoe infection. **Plant, Cell & Environment**, v. 27, p. 937–946, 2004.

## CONCLUSÕES

O sistema hidráulico híbrido formado entre *Psittacanthus robustus* e *Vochysia thyrsoidea* é possível mediante grandes transformações nas duas plantas, que aumentam sua compatibilidade e promovem a conexão dos sistemas. No caso estudado as duas plantas sofrem alterações que beneficiam a manutenção da conexão dos sistemas, embora não se conheçam ainda os mecanismos indutores destas transformações.

## BIBLIOGRAFIA

- ALONI, R. Ecophysiological implications of vascular differentiation and plant evolution. **Trees**, 15 ago. 2014.
- BARBOSA, A. C. F. et al. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. **IAWA Journal**, v. 31, n. 4, p. 373–383, 2010.
- CALVIN, C. L.; WILSON, C. A. Comparative morphology of epicortical roots in Old and New World Loranthaceae with reference to root types, origin, patterns of longitudinal extension and potential for clonal growth. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 201, n. 1, p. 51–64, 2006.
- CRUIZIAT, P.; COCHARD, H.; AMÉGLIO, T. Hydraulic architecture of trees : main concepts and results. **Ann. For. Sci.**, v. 59, p. 723–752, 2002.
- JACOBSEN, A. L. et al. Do Xylem Fibers Affect Vessel Cavitation Resistance ?. **Plant physiology**, v. 139, n. September, p. 546–556, 2005.
- JANSEN, S. et al. Vestured Pits: Do They Promote Safer Water Transport? **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. 3, p. 405–413, 2013.
- JOHNSON, D. M. et al. Hydraulic patterns and safety margins, from stem to stomata, in three eastern U.S. tree species. **Tree physiology**, v. 31, n. 6, p. 659–68, jun. 2011.
- KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997.
- KUIJT, J. **The biology of parasitic flowering plants**. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, 1969.
- KUIJT, J.; LYE, D. Gross xylem structure of the interface of *Psittacanthus ramiflorus* (Loranthaceae) with its hosts and with a hyperparasite. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 147, n. 2, p. 197–201, fev. 2005.

MATHIASSEN, R. L. et al. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management. **Plant Disease**, v. 92, n. 7, p. 988–1006, 2008.

NARDINI, A.; LO GULLO, M. A; SALLEO, S. Refilling embolized xylem conduits: is it a matter of phloem unloading? **Plant science : an international journal of experimental plant biology**, v. 180, n. 4, p. 604–11, abr. 2011.

TEIXEIRA-COSTA, L.; CECCANTINI, G. Embolism increase and anatomical modification caused by plant parasitism: Phoradendron crassifolium on Tapirira guianensis. **IAWA Journal**, 2015.

UMEBAYASHI, T. et al. Optimal conditions for visualizing water-conducting pathways in a living tree by the dye injection method. **Tree physiology**, v. 27, n. 7, p. 993–9, jul. 2007.

URLI, M. et al. Xylem embolism threshold for catastrophic hydraulic failure in angiosperm trees. **Tree physiology**, p. 672–683, 8 maio 2013.

VENTURELLI, M. Desenvolvimento anatômico do haustório primário de *Struthanthus vulgaris* Mart. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 8, p. 47–64, 1980.

VON ARX, G.; DIETZ, H. AUTOMATED IMAGE ANALYSIS OF ANNUAL RINGS IN THE ROOTS. **International Journal of Plant Sciences**, v. 166, n. 5, p. 723–732, 2005.

WHEELER, J. K. et al. Inter-vessel pitting and cavitation in woody Rosaceae and other vesselled plants: a basis for a safety versus efficiency trade-off in xylem transport. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, n. 6, p. 800–812, jun. 2005.

ZIMMERMAN, M. H.; TYREE, M. T. **Xylem structure and the ascent of sap**. 2. ed. Berlin: [s.n.].

## Conclusões

A instalação de plantas hemiparasitas em ramos de *V. thyrsoidea* está relacionada à produção de madeira com características estruturais e funcionais diferentes, de modo que os ramos parasitados tornam-se mais eficientes, suprimindo a alta demanda hídrica das plantas parasitas em detrimento à oferta de seiva para o restante da copa. Desta forma as hospedeiras evitam que os potenciais hídricos do sistema atinjam valores limítrofes provocando cavitação e falha generalizada.

Por um lado as plantas hospedeiras toleram o parasitismo alocando seus recursos hídricos para a parasita, e assim evitam a falha geral do sistema. Por outro, as plantas parasitas se valem dos sistemas naturais de resposta à estresse hídrico da hospedeira para aumentar sua disponibilidade de água e nutrientes. As plantas parasitas, assim, manipulam a programação da hospedeira a seu favor, obrigando-as a cooperar para proteger o sistema hidráulico de potenciais hídricos extremos, embolismos e falha hidráulica.

Este sistema representa uma situação modelo de resposta ao stress hídrico, em que uma planta alivia os efeitos da falta de água favorecendo os ramos com maior demanda ao invés de restringi-los.

## Bibliografia

BELL, T. L.; ADAMS, M. A. Attack on all fronts: functional relationships between aerial and root parasitic plants and their woody hosts and consequences for ecosystems. **Tree physiology**, v. 31, n. 1, p. 3–15, jan. 2011.

CHOAT, B.; COBB, A. R.; JANSEN, S. Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function. **The New phytologist**, v. 177, n. 3, p. 608–25, jan. 2008.

DAWSON, T. E. et al. Nighttime transpiration in woody plants from contrasting ecosystems. **Tree physiology**, v. 27, n. 4, p. 561–575, 2007.

GARCÍA-FRANCO, J. G.; LÓPEZ-PORTILLO, J.; ÁNGELES, G. The holoparasitic endophyte *Bdallophyton americanum* affects root water conductivity of the tree *Bursera simaruba*. **Trees**, v. 21, n. 2, p. 215–220, 9 jan. 2007.

JANSEN, S. et al. Do quantitative vessel and pit characters account for ion-mediated changes in the hydraulic conductance of angiosperm xylem? **The New phytologist**, v. 189, n. 1, p. 218–28, jan. 2011.

- KOLB, K. J.; SPERRY, J. S. Transport constraints on water use by the Great Basin shrub, *Artemisia tridentata*. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 8, p. 925–935, 1999a.
- KOLB, K. J.; SPERRY, J. S. Differences in drought adaptation between subspecies of sagebrush (*Artemisia tridentata*). **Ecology**, v. 80, n. 7, p. 2373–2384, 1999b.
- LENS, F. et al. Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. **The New phytologist**, v. 190, n. 3, p. 709–23, maio 2011.
- MARTÍNEZ-VILALTA, J. et al. A new look at water transport regulation in plants. **The New phytologist**, 2 jul. 2014.
- MATHIASSEN, R. L. et al. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management. **Plant Disease**, v. 92, n. 7, 2008.
- MEINZER, F. C.; WOODRUFF, D. R.; SHAW, D. C. Integrated responses of hydraulic architecture, water and carbon relations of western hemlock to dwarf mistletoe infection. **Plant, Cell & Environment**, v. 27, p. 937–946, 2004.
- PRESS, M. C.; GRAVES, J. D.; STEWART, G. R. Physiology of the interaction of angiosperm parasites and their higher plant hosts. **Plant Cell and Environment**, v. 13, p. 91–104, 1990.
- RASBAND, W. S. **ImageJ** Bethesda National Institute of Health, , 1997.
- SCHOLZ, F. G. et al. Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in Neotropical savanna trees. **Plant, cell & environment**, v. 30, n. 2, p. 236–48, mar. 2007.
- SCHULZE, E.; TURNER, N. C.; GLATZEL, G. Carbon, water and nutrient relations of two mistletoes and their hosts: A hypothesis\*. **Plant, Cell and Environment**, v. 7, p. 293–299, 1984.
- VON ARX, G.; DIETZ, H. AUTOMATED IMAGE ANALYSIS OF ANNUAL RINGS IN THE ROOTS. **International Journal of Plant Sciences**, v. 166, n. 5, p. 723–732, 2005.
- VON ARX, G.; KUEFFER, C.; FONTI, P. Quantifying plasticity in vessel grouping – added value from the image analysis tool ROXAS. **IAWA Journal**, v. 34, n. 4, p. 433–445, 2013.
- WAGNER, R. et al. A high-viscosity glycoglucuronomannan from the gum exudate of *Vochysia thyrsoidea*: Comparison with those of other *Vochysia* spp. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, n. 3, p. 382–389, maio 2008.
- WATLING, J. R.; PRESS, M. C. Impacts of Infection by Parasitic Angiosperms on Host Photosynthesis. **Plant Biology**, v. 3, n. 3, p. 244–250, maio 2001.
- ZIMMERMAN, M. H.; TYREE, M. T. **Xylem structure and the ascent of sap**. 2. ed. Berlin: [s.n.].



## Discussão Geral e Conclusões

O caso estudado representa a formação de um sistema complexo entre duas plantas. Essa situação é possível pois ocorre reorganização das duas espécies envolvidas em nível estrutural e funcional, que origina um organismo emergente, com propriedades mistas entre os dois envolvidos, mas diferentes das deles, isoladamente. Ele se regula de forma especial e interage com o meio também de formas diferentes.

Vários indícios sobre relações de forma e função emergem dessa análise: a capacidade de fusão funcional e os mecanismos envolvidos nas alterações observadas parecem revelar capacidades plásticas fenotípicas das árvores hospedeiras. Este “experimento natural” possibilitou analisar respostas de uma espécie do Cerrado à sobrecarga hidráulica in vivo, com pouca interferência.

Ainda não sabemos se, e quanto, as plantas parasitas induzem as mudanças observadas. É possível que transmitam às hospedeiras hormônios ou precursores de sinalizadores celulares que causem modificações no sistema que sustentem sua instalação.

Neste trabalho, no entanto, trabalhamos com a hipótese de que as mudanças observadas são respostas passivas da hospedeira à sobrecarga do galho parasitado, segundo seu programa de respostas à stresses bióticos e abióticos. O embasamento para esta proposição vem principalmente da observação de alterações funcionais e morfoanatômicas condizentes com o que é frequentemente reportado na literatura sobre situações de sobrecarga e stress hídrico: aumento da capacidade de transporte hidráulico e redução das resistências do sistema condutor. Trabalhos futuros em nossa equipe irão se concentrar em testar diretamente esta hipótese geral que, com nossos dados, não foi refutada.

Esta hipótese se desdobra em uma interpretação sobre adaptação de um sistema de aquisição de hospedeiras pela espécie parasita. Propomos que evolutivamente *Psittacanthus robustus* tenha desenvolvido um modo de parasitar que aproveita os sistemas naturais das hospedeiras a seu favor, induzindo indiretamente melhorias no sistema que garantem seu suprimento de água e nutrientes e, assim, mantém elevado seu *fitness*.

Em uma analogia com o funcionamento de sistemas de computador, as plantas parasitas parecem *hackear* as hospedeiras: reprogramam sua estrutura e funcionamento a partir de seus próprios meios, apenas mudando os valores de entrada do sistema: potenciais hídricos e taxas transpiratórias.

Com suas próprias folhas e controle estomático, as parasitas podem sequestrar os galhos da hospedeira: rebaixam os potenciais hídricos à níveis limítrofes para a hospedeira, obrigando-as a sacrificar o suprimento de água para o restante da copa em favor do aumento da disponibilidade para o ramo com potenciais mais baixos. Esta resposta é comum a muitas plantas em situações de déficit hídrico, que aumentam o fluxo para ramos com potenciais críticos para tamponar os potenciais em níveis seguros e evitar cavitação e falha hidráulica. Isto explicaria as observações deste trabalho em efeitos positivos nos ramos parasitados (HP) e negativos nos ramos não parasitados de plantas parasitadas (HNP) quanto ao fluxo de seiva, potenciais hídricos e condutâncias hidráulicas.

Não se pode perder de vista que parasitas e hospedeiras tem coevoluído e se relacionado intimamente. É provável que esse tipo de associação tenha se tornado mais complexa do que o simples parasitismo, envolvendo modificações mútuas e convivência complexa.

Deste trabalho, conclui-se que a existência do sistema hidráulico híbrido formado entre *Psittacanthus robustus* e *Vochysia thyrsoidea* depende de modificações nas duas partes envolvidas que aumentam sua compatibilidade. A produção de madeira com características morfoanatômicas diferentes promove um sistema mais eficiente, capaz de suprir recursos para a parasita que constitui um importante dreno de água.

Além disso, a ampla especialização do haustorio, com estruturas complexas, assegura a manutenção da conexão hidráulica entre os dois sistemas distintos.

O sistema estudado representa um modelo interessante de estudo do desenvolvimento da madeira em condições variadas e de respostas ao stress hídrico. São necessários estudos aprofundados nos mecanismos de ação das alterações observadas, para que as hipóteses aqui propostas sejam testadas e as relações causais dos ajustes à situação híbrida sejam elucidadas.

## Resumo

A conexão hidráulica entre plantas parasitas e suas hospedeiras representa a formação de um sistema hidráulico híbrido. Além disso, plantas parasitas apresentam condutâncias estomáticas muito elevadas e potenciais hídricos mais extremos do que suas hospedeiras. Por estes motivos, estas associações representam ao mesmo tempo um desafio técnico de fusão funcional de dois sistemas complexos, e uma fonte de stress e sobrecarga para as hospedeiras, que tem sua copa competindo com plantas em regime de balanço hídrico muito díspar. Os objetivos deste trabalho foram analisar forma e função da conexão entre *Psittacanthus robustus* e *Vochysia thyrsoidea*, de maneira interdisciplinar entre a anatomia da madeira e arquitetura hidráulica, para testar hipóteses relacionadas a estrutura da conexão, mudanças associadas a formação do sistema híbrido e influências da sobrecarga sobre as propriedades das hospedeiras. A estrutura da conexão foi avaliada revelando novidades. A interpretação dos tecidos que formam os haustórios foi revisada, foram descritas modificações nas duas espécies relacionadas à conexão e descobriu-se uma nova estrutura nos haustórios, para a qual se propôs uma hipótese funcional.

Os galhos parasitados apresentaram potenciais hídricos mais baixos, no entanto são mais eficientes no transporte de seiva. Isto se relaciona a alterações morfoanatômicas que condicionam redução da resistência ao fluxo: maior contato entre vasos, paredes intervasculares e membranas de pontuações mais delgadas.

Discute-se a reação das hospedeiras no contexto de respostas ao stress hídrico.

## Abstract

The hydraulic connection between parasitic plants and their hosts represents the formation of a hybrid hydraulic system. Besides, parasitic plants show high stomata conductance and more extreme water potentials. Because of it, these associations represent both a technical challenge for the fusion of two complex systems in a function unit, and a source of stress and overload for the hosts. The aim of this work was to analyze form and function of the connection between *Psittacanthus robustus* and *Vochysia thyrsoidea*, to test hypothesis related to connection structure, changes associated to the formation of the hybrid system and influence of the overload on the host's properties. The interpretation of haustoria tissues was reviewed, modifications on both the species were described and a new structure was discovered in the haustoria, to which we proposed a functional hypothesis.

Parasitized branches have lower water potentials, but are more efficient in sap conduction. This correlates to morphoanatomical modifications related to reduction in xylem resistance: more intervessel contacts and thinner intervascular walls and pit membranes.

The reactions observed on the hosts are discussed in light of water stress responses.