

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 26/02/2021.

# RELAÇÕES ENTRE ESTRUTURA, QUÍMICA E DENSIDADE DA CASCA COM SUA FUNÇÃO EM CAULES E RAÍZES DE ESPÉCIES DO CERRADO PAULISTA

**PAULA CRISTINA BENETTON VERGÍLIO**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), Área de Concentração em Morfologia e Diversidade Vegetal

**BOTUCATU – SP**

**2019**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

RELAÇÕES ENTRE ESTRUTURA, QUÍMICA E DENSIDADE DA  
CASCA COM SUA FUNÇÃO EM CAULES E RAÍZES DE  
ESPÉCIES DO CERRADO PAULISTA

**PAULA CRISTINA BENETTON VERGÍLIO**

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup>. CARMEN REGINA MARCATI**

ORIENTADORA

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup>. JULIETA ALEJANDRA ROSELL GARCÍA**

COORIENTADORA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), Área de Concentração em Morfologia e Diversidade Vegetal

**BOTUCATU – SP**

**2019**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Vergilio, Paula Cristina Benetton.

Relações entre estrutura, química e densidade da casca com sua função em caules e raízes de espécies do cerrado paulista / Paula Cristina Benetton Vergilio. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Carmen Regina Marcati

Coorientador: Julieta Alejandra Rosell García

Capes: 20302037

1. Casca de planta. 2. Medidas de espessura. 3. Casca de planta - Densidade. 4. Química. 5. Cerrados.

Palavras-chave: Cerrado; casca; densidade da casca; espessura da casca; química da casca.

“Agora... tragam-me o horizonte.”

Capitão Jack Sparrow

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Demanda Social concedida. Ao Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-PDSE Proc. 88881.135858/2016-01) pela bolsa de Doutorado Sanduíche concedida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Auxílio à Pesquisa - Proc. 15/14954-1) e ao Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia (CONACYT 237061) pelo suporte financeiro.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), ao Instituto de Biociências de Botucatu (IBB) e à Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (FCA) pelo espaço físico e por toda a estrutura que tornou possível a realização deste trabalho.

À Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ao Instituto de Ecología, ao Instituto de Biología, e ao Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) pela infraestrutura que tornou possível a execução deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), por todo o suporte físico e financeiro.

À Profa. Dra. Carmen Regina Marcati pela oportunidade, pela orientação, pelo apoio, pela paciência e por todos os ensinamentos científicos e pessoais. Obrigada por todas as portas que você abriu para mim, por todas as oportunidades que você confiou a mim e pelo bonito caminho científico que você me ensinou a percorrer. É com alegria que vejo o quanto eu cresci durante estes anos que passei sob sua orientação e sempre serei grata a você por tudo o que fez por mim!

À Profa. Dra. Julieta Alejandra Rosell García pela coorientação, pela assistência, pela paciência e por todos os ensinamentos. Obrigada por me tirar da “zona de conforto”, tanto ao me mostrar uma outra maneira de olhar para a casca e para a ciência, quanto pela oportunidade de conhecer e viver em um outro país, com outra língua e outra cultura. Obrigada por todo o apoio que você me deu no México, onde tive uma experiência incrível e, certamente, devo muito dessa linda experiência a você. *¡Gracias por todo, Julieta!*

Aos membros da Banca de Qualificação Profa. Dra. Silvia Rodrigues Machado, Prof. Dr. Anselmo Nogueira e Profa. Dra. Camila Kissmann e da Banda de Defesa Prof. Dr. Marcelo Rodrigo Pace, Prof. Dr. Fernando Roberto Martins, Prof. Dr. Anselmo Nogueira e Profa. Dra. Carmen Silva Fernandes Boaro pelas valiosas contribuições ao meu trabalho.

Aos professores do Departamento de Botânica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) por todos os ensinamentos durante às disciplinas que tanto contribuíram para minha formação. Aos professores dos Institutos de Ecología e de Biología da Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por todos os ensinamentos em disciplinas, em treinamentos e em cursos que realizei durante meu estágio de Doutorado Sanduíche no México.

À Carmen Marcati, Julieta Rosell, Mark Olson, Liliane Pereira, Fabio Bosio, Marcela Blagitz, Jane Rodrigues, Thais Oya e José Matheus Santos pela ajuda nas coletas e no envio do material para o México. Este trabalho não seria possível sem a ajuda de vocês.

À Profa. Juliana Padilla e à equipe do Laboratório de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México pela quantificação química de carbono, nitrogênio e fósforo.

À Liliane Pereira, a técnica “salva-vidas” do Laboratório de Anatomia da Madeira da UNESP, por todos os ensinamentos, por toda a ajuda no processamento do material e por todos os “Vai dar certo, Paulinha!”, que sempre vieram nos momentos que eu mais precisei.

Aos colegas do Laboratório de Anatomia da Madeira da UNESP: Fabio Bosio, Natália Totti, Marcela Blagitz, Jane Rodrigues, Thais Oya, Ana Tereza Durão, José Matheus Santos, Lívia Hirota, Mariana Dantas, Ricardo Gonçalves, Ícaro Nery, Rosani Arruda e Marina pela companhia, pelas conversas, por toda a ajuda e por todas as risadas que vocês “arrancaram” de mim quando eu não tinha mais forças pra sorrir. Vocês valem ouro e eu sempre os carregarei em meu coração.

Às colegas do Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad da UNAM: Cipatli Jiménez, Sandra García, Karen Vazquez, Guadalupe Vázquez-Solís e Fabiola Estrada-Salinas pela companhia e por toda ajuda, tanto nas técnicas de laboratório, quanto nas coisas triviais que são tão difíceis para um estrangeiro. Vocês tornaram meu trabalho no México mais leve e fácil e eu sempre serei grata a vocês por isso.

Às minha roommates: Estefanía Segundo, Natalia Bravo e Silvia Lechthaler pela estadia

maravilhosa que vocês me proporcionaram no México.

Ao Coral da UNESP de Botucatu, seu maestro Irandi Daroz e todos os seus participantes, bem como ao Coral Municipal Cidade de Botucatu, sua maestrina Márcia Blasi e todos os seus participantes, obrigada pela cantoria que tanto aliviaram as tensões da pós-graduação.

A todos os amigos, do Brasil e do México, por todo o apoio, incentivo e por todos os momentos de descontração que recarregaram as minhas energias. Ao amigo Felipe Giroto por todos os cinemas, comilanças e conversas.

Às minhas melhores amigas Tháyra Pedroso e Najla Varalta por estarem ao meu lado, sempre. Obrigada por darem ouvidos aos meus desabafos, por darem ombros às minhas lágrimas e por todas as palavras carinhosas e de incentivo. Adoro vocês, meninas!

Aos familiares que entre os “mas você só estuda, quando vai começar a trabalhar?” muito torceram por este título.

Ao meu irmão André, o Engenheiro e o primeiro Doutor da família, obrigada por ter aberto todas as portas para mim e por ter me mostrado que era possível seguir carreira acadêmica. Você sempre foi meu irmão, meu amigo, meu exemplo e eu sempre segui seus passos. Tenho muito orgulho de ser sua irmã. Te adoro, maninho!

Aos meus pais Lucinei e Pedro pelos ensinamentos, pelo apoio, pelo sustento, pelo amparo, pelo carinho e por terem se desdobrado por mim. Obrigada por torcerem por mim e por estarem sempre ao meu lado, mesmo quando vocês não entendiam o que estava acontecendo. Vocês sempre serão meu esteio. Tenho muito orgulho de ser filha de vocês! Amo vocês!

À Deus por tudo, pois nada disto teria sido possível sem Ele.

A todos aqueles que, de alguma maneira, colaboraram com a realização deste trabalho.

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei nos ombros de gigantes.” Isaac Newton

A todos vocês, o meu sincero OBRIGADA!

Paula Cristina Benetton Vergílio



## SUMÁRIO

Resumo .....	7
Abstract .....	8
Introdução Geral .....	9
Revisão de Literatura .....	12
1. Casca.....	12
2. Anatomia da casca.....	13
3. Estudos comparativos da anatomia da casca de caules e raízes.....	17
4. Espessura, densidade e química da casca de caules e raízes .....	20
5. Cerrado .....	22
Objetivo e Expectativas.....	24
Referências Bibliográficas .....	25
<u>Capítulo 1:</u> As estratégias adaptativas do floema secundário em uma comunidade de plantas na savana neotropical brasileira.....	33
Introdução .....	34
Material e Métodos.....	36
Resultados.....	39
Discussão .....	43
Conclusão.....	47
Referências Bibliográficas .....	47
<u>Capítulo 2:</u> Is the periderm plastic? A study of trunk and root periderm in the Brazilian savannah species .....	62
1. Introduction.....	63
2. Materials and methods.....	65
3. Results .....	68
4. Discussion.....	71
5. Concluding remarks .....	74
References.....	75
* Comprovante de Submissão .....	90
<u>Capítulo 3:</u> Funções da casca em caules e raízes de espécies na savana brasileira: o que indicam as características macroscópicas e microscópicas da casca? .....	92
1. Introdução .....	93
2. Material e Métodos.....	97
3. Resultados.....	102
4. Discussão .....	107
5. Conclusão .....	112
Referências Bibliográficas .....	113
Considerações Finais.....	118

1 VERGÍLIO, P.C.B. **RELAÇÕES ENTRE ESTRUTURA, QUÍMICA E DENSIDADE DA**  
2 **CASCA COM SUA FUNÇÃO EM CAULES E RAÍZES DE ESPÉCIES DO CERRADO**  
3 **PAULISTA**. 2019. 118P. TESE (DOUTORADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS,  
4 UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, CÂMPUS DE BOTUCATU.

5  
6 **RESUMO** – A casca é um sistema biológico complexo que desempenha diversas funções na  
7 planta, incluindo condução de fotoassimilados, suporte mecânico, armazenamento de  
8 substâncias e proteção contra herbívoros, patógenos e intempéries como o fogo. A casca é  
9 composta, principalmente, pelo floema secundário e pela periderme, e reveste tanto caules  
10 quanto raízes. O caule está exposto à atmosfera e tem funções de elevação e suporte da planta,  
11 enquanto a raiz está exposta ao solo e tem funções de fixar a planta ao solo, armazenar  
12 substâncias e absorver e conduzir água e nutrientes. Contudo, pouco se sabe se as diferentes  
13 funções de caules e raízes indicam diferentes funções na casca de cada órgão. Neste trabalho,  
14 comparamos a casca de caules e raízes de 15 espécies representativas do cerrado paulista e  
15 testamos se a casca do caule apresentaria funções de suporte e proteção, enquanto a casca da  
16 raiz apresentaria função de armazenamento de substâncias. Também testamos se  
17 encontraríamos maior eficiência na condução de fotoassimilados na casca da raiz. Para tanto,  
18 selecionamos 15 espécies de árvores e arbustos do cerrado *sensu stricto* e amostramos a casca  
19 do caule e da raiz. Analisamos a estrutura (espessura e anatomia), a densidade e a química  
20 (água, açúcares solúveis, amido, nitrogênio, fósforo e carbono) e relacionamos com as  
21 funções da casca em cada órgão. Na casca do caule, encontramos maior espessura da  
22 periderme, devido ao felema mais largo com células maiores e mais espessas, e menor  
23 densidade da periderme, indicando que a casca do caule tem função de proteção contra  
24 herbívoros, patógenos e fogo. Na casca da raiz, encontramos maior espessura relativa do  
25 floema secundário e maior quantidade de açúcares solúveis, indicando que a casca da raiz  
26 possui função de armazenamento de carboidratos não-estruturais, uma estratégia importante  
27 para sobrevivência da planta no cerrado. Contudo, não encontramos evidências que apoiem  
28 nossas expectativas de função de suporte na casca do caule ou maior eficiência na condução  
29 de fotoassimilados na casca da raiz. Portanto, a casca das plantas do cerrado paulista não  
30 apresenta todas as funções desempenhadas pelo caule ou pela raiz, mas participa das funções  
31 mais importantes relacionadas à sobrevivência da planta no cerrado, como proteção contra o  
32 fogo na casca do caule e armazenamento de carboidratos não-estruturais na casca da raiz.

33  
34 **Palavras-chave:** Cerrado, casca, casca externa, casca interna, floema secundário, periderme,  
35 espessura da casca, densidade da casca, química da casca

---

1 VERGÍLIO, P.C.B. **RELATIONS AMONG STRUCTURE, CHEMISTRY AND**  
2 **DENSITY OF BARK WITH ITS FUNCTION IN TRUNKS AND ROOTS OF SPECIES**  
3 **IN THE CERRADO OF SÃO PAULO.** 2019. 118P. TESE (DOUTORADO) –  
4 INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA,  
5 CÂMPUS DE BOTUCATU.

6  
7 **ABSTRACT** – Bark is a complex biological system that performs multiple functions in plant,  
8 including photoassimilates conduction, mechanical support, storage and protection against  
9 herbivores, pathogens and fire. Bark comprises mainly the secondary phloem and the  
10 periderm, and covers both trunks and roots. The trunk is exposed to the atmosphere and has  
11 the main functions of plant elevation and plant support, whereas the root is exposed to the  
12 ground and has the main functions of fix the plant to the ground, store substances, provide  
13 water and nutrients to the plant. However, remain unclear whether the different functions of  
14 trunk s and roots indicate different functions in the bark of each organ. In this work, we  
15 compared the bark of trunk and roots of species in the cerrado of São Paulo, tested whether  
16 the trunk bark presents both support and protection functions, whereas the root bark presents  
17 storage function. We also tested whether we would find higher efficiency of photoassimilates  
18 conduction in the root bark. For this purpose, we selected 15 representative species of trees  
19 and shrubs in the cerrado *sensu stricto* and sample both trunk and root barks. We analyzed the  
20 structure (thickness and anatomy), density and chemistry (water, soluble sugars, starch,  
21 nitrogen, phosphorus and carbon) and associated to the bark functions in each organ. In the  
22 trunk bark, we found thicker periderm, due to thicker phellem with larger cell and thicker wall  
23 cells, and lower periderm density, suggesting a protection function against herbivores,  
24 pathogens and fire in trunk bark. In the root bark, we found a higher relative thickness of  
25 secondary phloem and a higher amount of soluble sugars, suggesting a nonstructural  
26 carbohydrate storage function in root bark, an important strategy for plant survival in the  
27 cerrado. However, we found no evidence to sustain our hypotheses of support function in  
28 trunk bark or higher efficiency of photoassimilates conduction in root bark. Therefore, the  
29 bark of plants in cerrado of São Paulo does not have all the functions performed by the trunk  
30 or the root, but it participates in the most important functions related to the plant survival in  
31 the cerrado, such as protection against fire in trunk bark and nonstructural carbohydrate  
32 storage in root bark.

33  
34 **Key-words:** Cerrado, bark, outer bark, inner bark, secondary phloem, periderm, bark  
35 thickness, bark density, bark chemistry

## 1 Introdução Geral

2 O organismo vegetal é formado por órgãos aéreos e subterrâneos, que estão expostos a  
3 diferentes ambientes. Órgãos aéreos estão expostos à atmosfera, que desempenha papel  
4 importante como fonte primária de energia (sol) e de CO<sub>2</sub> para a realização da fotossíntese  
5 (Chelle 2005). Dessa forma, os órgãos aéreos têm como funções principais a elevação e  
6 suporte da planta para a fonte de energia e a realização da fotossíntese (Evert & Eichhorn  
7 2013). Já os órgãos subterrâneos estão expostos ao solo, que oferece água e nutrientes para a  
8 planta (Evert & Eichhorn 2013; Chelle 2005) e é um bom isolante térmico em áreas onde há a  
9 ocorrência de queimadas (Oliveira & Marquis 2002). Portanto, órgãos subterrâneos têm como  
10 principais funções fixar a planta ao solo, armazenar substâncias e absorver e conduzir água e  
11 nutrientes (Evert & Eichhorn 2013), além de serem importantes órgãos de regeneração e  
12 reprodução vegetativa (Oliveira & Marquis 2002).

13 A função de cada órgão só é corretamente interpretada quando há o conhecimento  
14 completo da sua estrutura (Evert 2006). Os órgãos vegetativos aéreos são caules e folhas,  
15 enquanto o principal órgão subterrâneo é a raiz (Evert & Eichhorn 2013). Em crescimento  
16 secundário, a estrutura tanto dos caules quanto das raízes é composta por lenho, câmbio  
17 vascular (tecido meristemático) e casca (Evert 2006).

18 A casca é uma parte complexa da planta nos âmbitos estrutural, fisiológico e funcional,  
19 transportando e armazenando substâncias orgânicas e água, além de proteger a planta contra  
20 herbívoros e patógenos (Srivastava 1964; Roth 1981; Evert 2006; Lev-Yadun 2011; Rosell *et*  
21 *al.* 2014). O termo *casca* é empregado para designar todos os tecidos externos ao câmbio  
22 vascular (Srivastava 1964; Trockenbrodt 1990; Evert 2006; Lev-Yadun 2011; Angyalossy *et*  
23 *al.* 2016). No desenvolvimento primário do corpo da planta, a casca é constituída de floema  
24 primário, córtex e epiderme (Srivastava 1964; Evert 2006; Lev-Yadun 2011). Já no  
25 desenvolvimento secundário ela é constituída por floema secundário e periderme, podendo  
26 também estar presentes os tecidos primários e os tecidos mortos externos à periderme  
27 (Srivastava 1964; Evert 2006; Lev-Yadun 2011).

28 A periderme é um complexo de tecidos de origem secundária que ocupa a parte mais  
29 externa da casca, cuja principal função é a proteção da planta (Trockenbrodt 1990; Evert  
30 2006; Alonso & Machado 2008). Ela é constituída de felogênio (zona meristemática),  
31 feloderme (tecido interno ao felogênio) e felema ou súber (tecido externo ao felogênio)  
32 (Trockenbrodt 1990; Evert 2006; Lev-Yadun 2011; Angyalossy *et al.* 2016). A feloderme é  
33 formada por células com paredes geralmente finas, enquanto o felema possui células com  
34 paredes mais espessas constituídas de lignina e/ou suberina (Roth 1981; Evert 2006;  
35 Angyalossy *et al.* 2016). A planta pode apresentar uma única periderme ou várias peridermes

36 sequenciais, cujo conjunto recebe o nome de *ritidoma* (Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016).  
37 O ritidoma pode ainda conter outros tecidos como o córtex e o floema isolados pela(s)  
38 periderme(s) (Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016).

39 O floema ocupa a parte mais interna da casca e é o tecido condutor de fotoassimilados  
40 das plantas vasculares, transportando açúcares, aminoácidos, macronutrientes,  
41 micronutrientes, lipídios, hormônios, estímulos florais, proteínas, RNAs e água (Srivastava  
42 1964; Evert 2006). Nas angiospermas, o floema secundário é um tecido complexo em sua  
43 estrutura, formado por uma grande diversidade de células com diferentes funções (Srivastava  
44 1964; Trockenbrodt 1990; Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016). Os elementos de tubo crivado  
45 associados às suas células companheiras têm função de condução de fotoassimilados e outras  
46 substâncias supracitadas (Srivastava 1964; Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016). Já as células  
47 esclerenquimáticas (fibras e esclereides) possuem paredes celulares espessas e lignificadas e  
48 apresentam função de suporte (Srivastava 1964; Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016), que  
49 parecem se relacionar positivamente com a densidade da casca (Rosell *et al.* 2014). O floema  
50 secundário também possui células parenquimáticas com função de armazenamento de uma  
51 grande variedade de substâncias (Srivastava 1964; Evert 2006; Angyalossy *et al.* 2016).

52 A casca pode armazenar uma grande variedade de substâncias químicas. Cristais de  
53 diversas formas são armazenados na casca (Srivastava 1964; Angyalossy *et al.* 2016), assim  
54 como grandes quantidades de água (Srivastava 1964; Rosell *et al.* 2014). O fósforo e o  
55 nitrogênio, os dois nutrientes essenciais mais importantes para as plantas (Gurevitch 2009),  
56 podem ser armazenados na casca na forma inorgânica (Bloom *et al.* 1985; Dell *et al.* 1987) e  
57 de proteínas (Bloom *et al.* 1985; Martin *et al.* 2014), respectivamente. A forma estrutural do  
58 carbono é constituinte das células e pode ser utilizada para medir o gasto energético da planta  
59 para construção dos tecidos (Hölttä *et al.* 2009). Já o carbono não-estrutural pode ser  
60 armazenado na forma de metabólitos primários como o amido (Gurevitch 2009; Evert 2006).  
61 Grandes quantidades de amido são armazenadas nas raízes das plantas do Cerrado (Palhares *et*  
62 *al.* 2007; Gignoux *et al.* 2016).

63 O Cerrado é um domínio brasileiro composto por um mosaico de vegetações florestais,  
64 savânicas e campestres (Oliveira & Marquis 2002; Batalha 2011). De modo geral, os solos do  
65 Cerrado são profundos, predominantemente arenosos, ácidos devido ao alto teor de alumínio e  
66 com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica (Coutinho 2002; Oliveira & Marquis  
67 2002). O clima é marcado por forte sazonalidade, sendo que durante os 4-5 meses de estação  
68 seca as plantas herbáceas morrem, secam e são o principal combustível do fogo natural  
69 (Coutinho 2002; Oliveira & Marquis 2002). O fogo natural no domínio do Cerrado é rápido e  
70 superficial (Coutinho 2002; Oliveira & Marquis 2002). A temperatura do ar na chama chega a

71 atingir 800°C ou mais, com as maiores temperaturas ocorrendo à 60 cm acima do solo. Já a  
72 temperatura do solo varia pouco, com aumento de 3°C à 5 cm abaixo do solo (Oliveira &  
73 Marquis 2002). Por ser um fator natural, a vegetação lenhosa apresenta adaptações de  
74 proteção contra o fogo, tais como: a proteção de gemas, a translocação de nutrientes para  
75 tecidos subterrâneos no início da estação seca e a periderme espessa (Miranda & Sato 2005).  
76 Salientamos que existe um uso inadequado do termo *casca* como sinônimo de periderme  
77 (Evert 2006), sendo que a propriedade de resistência ao fogo é dada especificamente pela  
78 periderme (Graves *et al.* 2014; Rosell 2016; Vergílio & Marcati 2017). A maior resistência  
79 contra o fogo está diretamente relacionada ao aumento da espessura da periderme e a  
80 diminuição da sua densidade (Bauer *et al.* 2010).

81 Estudos em espécies do Cerrado têm mostrado diferenças estruturais e químicas na  
82 casca de caules e raízes. Em *Styrax camporum* (Styracaceae), espécie representativa do  
83 Cerrado, foi descrito uma periderme mais espessa no caule e um floema secundário com os  
84 elementos de tubo crivado com maior diâmetro e menor comprimento, além de raios mais  
85 altos, na raiz (Machado *et al.* 2005). Segundo os autores, essas diferenças estão relacionadas  
86 com a função da casca em cada órgão, sendo a periderme relacionada à proteção do caule  
87 contra o fogo e o floema secundário relacionado com a eficiência na condução de  
88 fotoassimilados e com o armazenamento de substâncias químicas da raiz. Para *Brosimum*  
89 *gaudichaudii* (Moraceae), espécie medicinal do Cerrado, foi descrito um maior  
90 armazenamento de substâncias químicas como o amido na casca da raiz (Palhares *et al.* 2007).  
91 Contudo, pouco se sabe se essas variações estruturais e químicas indicam diferentes funções  
92 na casca de caules e raízes.

93 Considerando que mudanças estruturais indicam mudanças funcionais nos órgãos da  
94 planta e que foram relatadas variações estruturais e químicas na casca de caules e raízes de  
95 espécies do Cerrado, nossa expectativa é que a casca do caule e da raiz apresente diferentes  
96 funções: suporte e proteção no caule; e armazenamento de substâncias na raiz. Ademais,  
97 também esperamos encontrar elementos de tubo crivado com maior diâmetro e menor  
98 comprimento na raiz, caracterizando uma maior eficiência na condução de fotoassimilados  
99 neste órgão.

## 1 Considerações Finais

2 Quando comparamos a estrutura, química e densidade da casca do caule com a casca  
3 da raiz de 15 espécies do cerrado paulista, observamos que a casca do caule e da raiz  
4 apresenta diferentes funções. Na casca do caule, a densidade da casca externa é menor e a  
5 periderme é mais desenvolvida e composta por felema largo com células maiores e mais  
6 espessas, indicando que, neste órgão exposto a diversos intempéries e animais, a casca tem  
7 função de proteção da planta contra o fogo, herbívoros e patógenos. Embora a feloderme não  
8 participe da função de proteção, ela parece conferir rigidez e suporte à periderme muito  
9 desenvolvida do caule, devido ao aumento na sua proporção de esclerênquima conforme o  
10 aumento do número de peridermes do caule. Já na casca da raiz, o floema secundário é  
11 relativamente mais largo e com maior quantidade de açúcares solúveis, indicando que, neste  
12 órgão protegido de intempéries, a casca possui função de armazenamento de carboidratos não-  
13 estruturais, uma estratégia adaptativa importante na sobrevivência da planta em ambientes  
14 savânicos, como o cerrado. Estes dados ajudam a compreender como a casca interage com o  
15 ambiente e pode variar com relação às mudanças climáticas.

16 Nossa expectativa de função de suporte na casca do caule foi rejeitada devido a  
17 semelhança na densidade da casca interna e na semelhança da proporção de esclerênquima do  
18 floema secundário não-condutor, que compõe a maior parte da casca. Contudo, nós  
19 observamos maior proporção de esclerênquima na fina espessura do floema secundário  
20 condutor do caule, indicando segurança mecânica nesta parte da casca responsável pela  
21 condução de fotoassimilados. Nossa expectativa de maior eficiência na condução potencial de  
22 fotoassimilados na casca da raiz também foi rejeitada devido à semelhança no diâmetro,  
23 comprimento e proporção de tubos crivados entre os órgãos. Além da semelhança na  
24 proporção de esclerênquima do floema secundário não-condutor e de tubos crivados, também  
25 observamos semelhança na proporção de parênquima entre os órgãos, semelhanças estas que  
26 resultaram em uma quantidade de carbono estrutural similar na casca do caule e da raiz, ou  
27 seja, não há diferença na alocação de recursos entre os órgãos, contrariando nossa expectativa.

28 Ao compararmos características macroscópicas de espessura, densidade e química da  
29 casca interna e externa com as características microscópicas dos tecidos que compõem a  
30 casca, nós encontramos bons indicadores das funções da casca. Para a casca externa, a  
31 espessura relativa e a densidade são bons indicadores de proteção. Já para a casca interna, a  
32 densidade é um bom indicador de suporte mecânico e de sobrevivência em termos de  
33 armazenamento de amido. No entanto, o uso da espessura relativa da casca interna como  
34 indicador de armazenamento de substâncias não está claro e precisa de maiores  
35 esclarecimentos.