



MARIA LUIZA SANTOS

**ANATOMIA COMPARADA DE *Clethra scabra* Pers.
(Clethraceae) EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA
MANTIQUEIRA EM ITAMONTE, MG, BRASIL**

**LAVRAS - MG
2019**

MARIA LUIZA SANTOS

**ANATOMIA COMPARADA DE *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) EM DIFERENTES
ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA EM ITAMONTE, MG, BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

Dra. Alessandra de Oliveira Ribeiro
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).

Santos, Maria Luiza.

Anatomia comparada de *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira em Itamonte, MG, Brasil/ Maria Luiza Santos. - 2019.

57 p. : il.

Orientador: Fábio Akira Mori.

Coorientador: Alessandra de Oliveira Ribeiro

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Clethra scabra*. 2. Anatomia foliar. 3. Xilema secundário.
4. Floresta Ombrófila. I. Mori, Fábio Akira. II. Ribeiro, Alessandra de Oliveira. III Título.

MARIA LUIZA SANTOS

ANATOMIA COMPARADA DE *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA EM ITAMONTE, MG, BRASIL

COMPARATIVE ANATOMY OF *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) IN DIFFERENT ALTITUDES IN THE SERRA DA MANTIQUEIRA IN ITAMONTE, MG, BRAZIL

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16 de maio de 2019.

Dra. Alessandra de Oliveira Ribeiro UNILAVRAS

Dr. Jean Marcel Sousa Lira UFLA

Dra. Marinês Ferreira Pires Lira UFLA

Dr. Márcio Paulo Pereira UFLA

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

*À minha mãe, Consuelo dos Santos por todo o amor
dedicado e bravura com que viveu, e foi o meu
maior exemplo de vida (in memoriam).*

*Ao meu pai, Aloisio dos Santos pelos ensinamentos
(in memoriam).*

*À minha irmã, Maria Augusta dos Santos por tudo
que vivemos juntas, amor e dedicação em minhas
ausências do convívio (in memoriam).*

*Aos meus irmãos, sobrinhos, sobrinhos netos e
a Mein Lieber com amor e carinho.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em especial, a Deus, aos meus pais, Consuelo dos Santos e Aloisio dos Santos (*in memoriam*) pelo amor, carinho, apoio e ensinamentos, em todas as minhas decisões nas diferentes etapas da minha vida e aos irmãos e demais familiares que sempre me incentivaram.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Biologia Vegetal, pela oportunidade.

Ao professor Evaristo Mauro de Castro, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

Ao professor Fábio Akira Mori, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

Ao funcionário do Herbário (ESAL), pelo atendimento e destreza na herborização e incorporação do material botânico coletado.

Às amigas Dra. Alessandra de Oliveira Ribeiro, pelo desempenho, cooperação nas atividades de laboratório e sugestões tão oportunas durante sua coorientação e a doutoranda Prímula Viana Campos (UFV) pelo incentivo e colaboração quando mais eu necessitava.

A todos os professores que colaboraram com ensinamentos e aos funcionários do DBL/UFLA, pela atenção e amabilidade como sempre me trataram.

À Universidade Federal de Sergipe (UFS) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelos ensinamentos e experiências que colaboraram com minha formação pessoal e profissional.

À Dra. Kacilda Naomi Yuki (UFV) pela amizade e por sugestões apresentadas.

À amiga, Ivani Lobão dos Santos pela correção dos textos.

Aos colegas, Aline, Bethânia, Carlos Eduardo Batista e Marcos Gabriel Lima (ajuda de campo), Bruna, Dayanne, Graciele, Ray, Yago, Marcel, Daniel pela amizade, bem como às demais pessoas que me ajudaram nesta caminhada e a UFLA (Seguro Saúde) e, em especial, ao Povo Brasileiro os mantenedores das Universidades.

À banca examinadora.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Para verificar a influência da altitude na estrutura anatômica de folhas e galhos de indivíduos da espécie *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) ocorrentes na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, MG, realizaram-se coletas nas cotas altitudinais de 1500, 1700, 1900 e 2100 metros. Folhas e galhos de *C. scabra* coletados foram fixados e preparados seguindo procedimentos usuais de microtécnica vegetal. Procederam-se análises anatômicas quantitativas através do software de análise de imagem. As folhas de *C. scabra* são hipoestomática, epiderme multisseriada, presenças de tricomas tectores estrelados em depressões na face abaxial, mesofilo dorsiventral, parênquima paliçádico ocupando cerca de 90% do mesofilo e o parênquima lacunoso o menor percentual. A nervura central com xilema bem desenvolvido e o feixe vascular envolvido por uma bainha esclerenquimática. Os dados submetidos às análises de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott demonstraram que na espécie *C. scabra* as espessuras do limbo aumentaram significativamente com a altitude de 100,72 μm (1500 m) para 142,36 μm (2100 m) e do mesofilo seguiu o mesmo padrão com aumento de 64,16 μm (1500 m) para 92, 83 μm (2100 m), bem como, do parênquima paliçádico com aumentos de 41,84 μm para 58,99 μm , e parênquima esponjoso de 22,32 μm para 33,84 μm . Para o xilema secundário de *C. scabra*, o comprimento dos elementos de vaso apresentou diminuição com o aumento altitudinal de 565,91 μm (1500 m) para 471,12 μm (2100 m), diâmetro tangencial do vaso obteve aumento entre as cotas de 38,1 μm (1500 m) para 40,77 μm (1700 m), entretanto, nas maiores cotas altitudinais ocorreu redução de 35,01 μm (1900 m) para 30,81 μm (2100 m). Índices de vulnerabilidade de Carlquist e de mesomorfia diminuíram ao longo do gradiente altitudinal de 0,14 (1500 m) para 0,10 (2100 m) e 79,45 (1500 m) para 48,74 μm (2100 m). Comprimento das fibras diminuiu com aumento da altitude de 1.224,23 μm (1500 m) para 962,53 μm (2100 m) e a espessura das paredes das fibras aumentaram significativamente de 4,14 μm (1500 m) para 5,03 μm (2100 m). A altitude influenciou positivamente no incremento da espessura dos tecidos foliares de *C. scabra* sendo mais espessos, podem ser interpretados como resposta ao déficit hídrico no solo e aumento da absorção de água na forma de neblina. Uma diminuição significativa foi observada no comprimento, no diâmetro tangencial dos elementos de vasos, nos índices de vulnerabilidade e de mesomorfia em função do aumento da altitude. Em altitudes mais elevadas esses resultados podem significar maior eficiência e segurança na condução hídrica. A espécie *C. scabra* apresenta plasticidade anatômica foliar e no xilema secundário que, provavelmente, são responsáveis pela adaptação dessa espécie nas diferentes condições ambientais impostas pela altitude. Desta forma, pode-se inferir que folhas e galhos de *C. scabra* apresentam modificações anatômicas foliares e nos galhos em face às condições ambientais ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Particular do Patrimônio Nacional-RPPN em Itamonte, MG.

Palavras-chave: Carne de vaca. Floresta nebulosa. Plasticidade fenotípica.

ABSTRACT

To verify the influence of altitude on the anatomical structure of leaves and branches of individuals of the species *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) occurring in the Serra da Mantiqueira, in Itamonte, MG, were collected at altitudes of 1500, 1700, 1900 and 2100 meters. Collected *C. scabra* leaves and branches were fixed and prepared following the usual procedures of vegetal microtechnique. Quantitative anatomical analyzes were performed using the image analysis software. The leaves of *C. scabra* are hyposomatic, multiseriate epidermis, presence of stellate hairs or trichomes in depressions on the abaxial face, dorsiventral mesophyll, palisade parenchyma occupying about 90% of mesophyll and the spongy parenchyma the lowest percentage. The midrib with well-developed xylem and the vascular bundle surrounded by a sclerenchymatic sheath. Data submitted to analysis of variance (ANOVA) and the Scott-Knott test showed that in *C. scabra* species the thickness of the leaf blade increased significantly with the altitude from 100.72 μm (1500 m) to 142.36 μm (2100 m) and the mesophyll followed the same pattern with increase from 64.16 μm (1500 m) to 92.83 μm (2100 m), as well as from the palisade parenchyma with increases from 41.84 μm to 58.99 μm , and parenchyma spongy from 22.32 μm to 33.84 μm . For the secondary *C. scabra* xylem, the length of the vessel elements decreased with the altitudinal increase from 565.91 μm (1500 m) to 471.12 μm (2100 m). 38.1 μm (1500 m) to 40.77 μm (1700 m), however, at the highest elevations, there was a reduction from 35.01 μm (1900 m) to 30.81 μm (2100 m). Carlquist and mesomorphic vulnerability indices decreased along the elevation gradient from 0.14 (1500 m) to 0.10 (2100 m) and 79.45 (1500 m) to 48.74 μm (2100 m). Fiber length decreases with increasing altitude from 1,224.23 μm (1500 m) to 962.53 μm (2100 m) and the wall thickness of the fiber increased significantly from 4.14 μm (1500 m) to 5.03 μm (2100 m). Altitude had a positive influence of the leaf tissues thickness increase of *C. scabra* leaf tissue, being thicker and can be interpreted as response to water deficit in the soil and increased water absorption in the form of fog. A significant decrease was observed in vessel element length, tangential diameter, vulnerability and mesomorphy indices as a result of the increase in altitude. At higher altitudes these results may mean greater efficiency and safety in water conduction. The species *C. scabra* has anatomical leaf and secondary xylem plasticity that are probably responsible for the adaptation of this species to the different environmental conditions imposed by altitude. Thus, it can be inferred that *C. scabra* leaves and branches have leaf and branch anatomical modifications in the face of environmental conditions along the altitudinal gradient in the RPPN National Heritage Private Reserve in Itamonte, MG.

Keywords: Carne de vaca. Nebular forest. Phenotypic plasticity.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

Figura 1 –	Área de estudo na Reserva Particular Alto Montana, no município de Itamonte - Minas Gerais, Brasil.	39
Figura 2 –	Secções transversais de folhas de <i>Clethra scabra</i> Pers. em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	43
Figura 3 –	Características anatômicas foliares de <i>Clethra scabra</i> Pers. em função de diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	44
Figura 4 –	Características anatômicas foliares de <i>Clethra scabra</i> Pers. em função de diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	45
Figura 5 –	Características anatômicas dos galhos de <i>Clethra scabra</i> em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	47
Figura 6 –	Modificações dos elementos de vasos e das fibras de <i>Clethra scabra</i> Pers. Em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	48
Figura 7 –	Secções transversais dos galhos de <i>Clethra scabra</i> Pers. em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.	49

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 – Médias dos parâmetros microclimáticos nas cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m) de uma floresta ombrófila alto-montana na Serra da Mantiqueira em Itamonte, MG. BR.	40
--	----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Floresta Atlântica.....	15
2.2	Florestas semidecíduais submontana e montana	16
2.3	Clethraceae Klotzsch	17
2.4	<i>Clethra scabra</i> Pers.....	18
2.5	Anatomia da madeira de Clethraceae no Clado Ericales.....	20
2.6	Influência do gradiente altitudinal nas características anatômicas de plantas vasculares	21
	REFERÊNCIAS	25
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	35
	ANATOMIA COMPARADA DE <i>Clethra scabra</i> PERS. (Clethraceae) EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA EM ITAMONTE, MG, BRASIL	35
	REFERÊNCIAS	53

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais apresentam elevada taxa de endemismo e abrigam uma das maiores biodiversidades do mundo (KAGEYAMA; LEPSCH CUNHA, 2001). Na América do Sul, a Floresta Atlântica localizada na região tropical montanhosa sul-americana (KIER et al., 2009; MYERS et al., 2000) corresponde a uma das mais importantes florestas tropicais, devido, principalmente às amplitudes altitudinal e latitudinal (GRADSTEIN; COSTA, 2003). Além disso, concentra um elevado número de riqueza de espécies endêmicas (KIER et al., 2009; MYERS et al., 2000) com aproximadamente 20.000 espécies de plantas vasculares, 40% das quais são endêmicas do bioma segundo Myers et al. (2000). Sua maior área de ocorrência encontra-se na região litorânea do país (TABARELLI; RODA, 2005) e o restante distribuído entre Argentina e Paraguai (CÂMARA, 2005; TABARELLI; RODA, 2005).

No Brasil, a Floresta Atlântica compõe um dos principais tipos de vegetação natural e, originalmente ocupava mais de 1,3 milhões de km², estendendo-se de forma contínua do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (IBGE, 2012). Entretanto, atualmente possui menos de 8% de floresta original (TABARELLI; RODA, 2005). Devido ao desmatamento ocorrido entre 2015 e 2016, o que restou da vegetação natural e remanescentes florestais foi de 15,2%, sendo então destruídos 11.399 ha, ou 113 Km² de áreas do bioma Mata Atlântica acima de 3 (três) hectares, avaliados em 17 estados brasileiros (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018).

O bioma é considerado um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (KIER et al., 2009; MYERS et al., 2000; RIBEIRO et al., 2009; TABARELLI; RODA, 2005) com *status* de ameaçado (TABARELLI; RODA, 2005) e por ser constituído no mínimo de 1.500 espécies de plantas vasculares endêmicas conforme Conservação Internacional (2019). Por essas razões, tornou-se legalmente área prioritária para a conservação da biodiversidade (BRASIL, 2019) e Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional, na Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988; SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

A Floresta Atlântica corresponde a um mosaico de vegetação, e está entre as mais importantes e megadiversas fitofisionomias tropicais do mundo (CARDOSO et al., 2018). No país, é composta por uma série de fisionomias distintas, diversas formações florestais, como matas da planície costeira, florestas de encostas e matas de grandes altitudes, assim como as

formações mais secas, como as matas semidecíduas e decíduas de interior, e as florestas mistas (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2018).

Em Minas Gerais, o domínio da Floresta Atlântica está localizado na porção oriental, com aproximadamente 41% da área do Estado (IEF, 2019). Os seus remanescentes no período de 2016-2017 totalizaram 3.198.242 ha, representando o percentual de 11,6% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018). Essa floresta é composta pelas Florestas Decíduas na porção norte e Estacionais Semidecíduas *sensu* Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), no centro-sul, sul-sudeste (OLIVEIRA-FILHO; SCOLFORO; MELLO, 1994) e na região do Alto São Francisco (COSTA et al., 1998). Além disso, ocorre no domínio, a Floresta Estacional Semidecidual nas regiões montanhosas (DRUMMOND et al., 2009).

Conforme Barthlott, Lauer e Placke (1996), as florestas ainda bem conservadas estão localizadas em ambientes de difíceis acessos, como nos topos de montanhas. Para Martinelli (2007), embora existam algumas extensas cadeias elevadas, as montanhas são muitas vezes isoladas umas das outras, e algumas formam ilhas, emergindo das planícies circundantes. Na América do Sul: Cordilheira dos Andes, Planalto das Guianas, Serra da Mantiqueira, Serra do Mar, Serra Geral e Maciço Goiano, representam cadeias montanhosas que ultrapassam 1.000 metros de altitude (MEIRELES, 2009). Além do mais, cabe ressaltar as grandes cadeias de montanhas brasileiras localizadas na Amazônia (Amapá, Amazonas, Pará e Roraima) e, em biomas da Mata Atlântica, na Serra do Caparaó (CAMPOS et al., 2018) e do Espinhaço (SILVEIRA et al., 2016).

No Brasil, a maior parte desse ecossistema está abrigado em Unidades de Conservação, mas, ações conservacionistas ainda são poucas, visto que, sofrem constantemente com ações antrópicas como a pressão do turismo, queimadas, mineração, expansão urbana, agricultura, instalações de transmissão e comunicação de energia, remoção de vegetação tampão em áreas circundantes, e tráfico de espécies da flora e fauna (MARTINELLI, 2007). Assim, necessita-se obter mais informações sobre suas espécies e funcionamento ecossistêmico como um todo, a fim de conservar, proteger, e ainda, atender ao cumprimento de políticas públicas estabelecidas junto à agenda de biodiversidade brasileira assumida pelo Brasil na Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB, em 1998 (CONABIO, 2008).

Nesse contexto, apesar da grande relevância dos ecossistemas montanhosos que abrigam a Floresta Atlântica, e principalmente, a Serra da Mantiqueira em Minas Gerais, o conhecimento sobre suas espécies vegetais ainda é incipiente, visto que, os estudos realizados estão focados, principalmente, na composição florística, estrutura e dinâmica de comunidades

(MEIRELES; KINOSHITA; SHEPHERD, 2014; MENINI NETO et al., 2009; POMPEU et al., 2014; REZENDE et al., 2013; SOUZA et al. 2012), taxionomia (ARZOLLA et al., 2009; CABRAL et al, 2016; DO CARMO; SIMÕES, 2016; MANGARAVITE, 2016), anatomia (MORI et al., 2010). Estudos sobre anatomia foliar ao longo de gradientes ambientais foram realizados por Cruz et al. (2014), Freitas (2017) e Souza (2014) na área, contudo, existe necessidades de ampliação desses estudos, principalmente, sobre o xilema secundário de espécies devido à inexistência de registro para a Reserva Particular do Patrimônio Nacional (RPPN) Alto-Montana em Itamonte.

Nesse cenário, para estudar anatomia foliar e do xilema ao longo do gradiente altitudinal numa área na Serra, foi escolhida a família Clethraceae considerada primitiva, com apenas um gênero e duas espécies no Brasil. Uma das espécies, é *Clethra scabra* Pers. típica da área, considerada restrita às formações altimontanas do Sul e Sudeste, com importâncias ecológicas, econômicas e de usos medicinais. Nesse caso, algumas perguntas preliminares foram levantadas: (i) folhas e galhos de *C. scabra* apresentam modificações anatômicas nas diferentes cotas altitudinais?; (ii) as modificações anatômicas de folhas e dos galhos de *C. scabra* são significativamente diferentes entre as diferentes cotas altitudinais analisadas?; e (iii) as modificações anatômicas ocorridas nas folhas e dos galhos de *C. scabra* são resultantes das influências das condições ambientais nas diferentes altitudes? Como os fatores ambientais sofrem variações em diferentes gradientes, e assim, em respostas a essas diferenças, espécies podem apresentar modificações nas características anatômicas ao longo do gradiente altitudinal, então, faz-se necessário conhecer quais são essas modificações anatômicas das folhas e galhos de *C. scabra* relacionadas às mudanças altitudinais no local estudado.

Portanto, visando responder esses questionamentos, o presente estudo teve como objetivos: identificar estruturas anatômicas de folhas e galhos de *C. scabra* em diferentes cotas altitudinais de 1500, 1700, 1900 e 2100 m em um fragmento de Floresta Ombrófila Alto-Montana, Itamonte, Minas Gerais; verificar diferenças anatômicas nas folhas e nos galhos de *C. scabra* em diferentes cotas altitudinais; caracterizar anatomicamente quantitativa e qualitativa o xilema da espécie *C. scabra*; analisar a influência da altitude na anatomia de folhas e galhos de *C. scabra* em diferentes cotas altitudinais. Portanto, este estudo é de fundamental importância uma vez que, contribuirá para a ampliação de conhecimentos ecológicos e sobre as estruturas anatômicas da madeira/xilema da espécie, face às condições ambientais nas diferentes cotas altitudinais analisadas.

As folhas de *C. scabra* são hipoestomática, epiderme multisseriada, presenças de tricomas tectores estrelados em depressões na face abaxial, mesofilo dorsiventral, parênquima

paliçádico ocupando cerca de 90% do mesofilo e o parênquima lacunoso o menor percentual. A nervura central com xilema bem desenvolvido e o feixe vascular envolvido por uma bainha esclerenquimática. Os dados submetidos às análises de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott demonstraram que na espécie *C. scabra* as espessuras do limbo aumentaram significativamente com a altitude de 100,72 μm (1500 m) para 142,36 μm (2100 m) e do mesofilo seguiu o mesmo padrão com aumento de 64,16 μm (1500 m) para 92, 83 μm (2100 m), bem como, do parênquima paliçádico com aumentos de 41,84 μm para 58,99 μm , e parênquima esponjoso de 22,32 μm para 33,84 μm . Para o xilema secundário de *C. scabra*, o comprimento dos elementos de vaso apresentou diminuição com o aumento altitudinal de 565,91 μm (1500 m) para 471,12 μm (2100 m), diâmetro tangencial do vaso obteve aumento entre as cotas de 38,1 μm (1500 m) para 40,77 μm (1700 m), entretanto, nas maiores cotas altitudinais ocorreu redução de 35,01 μm (1900 m) para 30,81 μm (2100 m). Índices de vulnerabilidade de Carlquist e de mesomorfia diminuíram ao longo do gradiente altitudinal de 0,14 (1500 m) para 0,10 (2100 m) e 79,45 (1500 m) para 48,74 μm (2100 m) respectivamente. Comprimento das fibras diminuiu com aumento da altitude de 1.224,23 μm (1500 m) para 962,53 μm (2100 m) e a espessura das paredes das fibras aumentaram significativamente de 4,14 μm (1500 m) para 5,03 μm (2100 m).

A altitude influenciou positivamente no incremento da espessura dos tecidos foliares de *C. scabra* sendo mais espessos, podem ser interpretados como resposta ao déficit hídrico no solo e aumento da absorção de água na forma de neblina. Uma diminuição significativa foi observada no comprimento, no diâmetro tangencial dos elementos de vasos, nos índices de vulnerabilidade e de mesomorfia em função do aumento da altitude. Em altitudes mais elevadas, esses resultados podem significar maior eficiência e segurança na condução hídrica. A espécie *C. scabra* apresenta plasticidade anatômica foliar e no xilema secundário que, provavelmente, são responsáveis pela adaptação dessa espécie nas diferentes condições ambientais impostas pela altitude. Desta forma, pode-se inferir que folhas e galhos de *C. scabra* apresentam modificações anatômicas foliares e nos galhos em face às condições ambientais ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Particular do Patrimônio Nacional-RPPN Alto-Montana em Itamonte, MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Floresta Atlântica

A Floresta Atlântica conforme *sensu* Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), ocupa a fachada oriental do Brasil bem como grande parte da bacia do Paraná. Suas matas originais acham-se abrigadas nas gargantas do relevo, nos grotões e nas escarpas altas e muito íngremes nas serras, lugares de difícil acesso. O clima varia de climas quentes e úmidos a moderadamente frios (mesotérmicos), reinando na fachada atlântica brasileira, caracterizados por temperaturas altas, elevada umidade relativa do ar, precipitações abundantes, nevoeiros frequentes sobre tudo em áreas serranas e intensa luminosidade (PEREIRA, 2009).

A distribuição da vegetação é fortemente influenciada pela distância do oceano, regime de distribuição de chuvas, da altitude e da estação seca (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000). Como apresenta uma diversidade do relevo, e esse, contribui, regionalmente, para as modificações estruturais da mata (PEREIRA, 2009). Nesse contexto, a Floresta Atlântica está constituída por mosaicos de diferentes fitofisionomias (COSTA et al., 1998) e composta pelas formações florestais nativas (Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual), e ecossistemas associados: manguezais, vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (BRASIL, 2019; SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

A Floresta Atlântica é considerada prioridade para conservação em consequência de grande fragmentação a que foi submetida (CARDOSO et al., 2018) ocasionada pela ocupação territorial, atividades agropecuárias, extrativismo vegetal, produção mineral e ação antrópica (CÂMARA, 2005; GELAIN et al., 2012), comércio de madeiras, crescimento populacional e construção de estradas (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). Para Hirota (2005), a maioria dos fragmentos dessa floresta se concentra em áreas de relevo acidentado das regiões Sul e Sudeste do país. Sua vegetação é importante ao meio ambiente e população prestando muitos serviços de bens e com funções econômicas, culturais e ambientais que garantem à manutenção da biodiversidade, a conservação da variabilidade genética, a formação de solo, a fotossíntese e a ciclagem de nutrientes (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

Os ecossistemas de montanha apresentam importância ecológica, econômica e, estruturalmente tendem a combinar características físicas e biológicas, como isolamento, diversidade climática e topográfica, gradiente altitudinal, diferentes aspectos fitofisionômicos

e composição relativamente alta de espécies endêmicas (MARTINELLI, 2007). Suas espécies são extremamente sensíveis a alterações, principalmente o clima (THUILLER et al., 2005). De acordo com o MMA (2008), além do elevado endemismo, esses ecossistemas são ambientes com alta concentração de diversidade biológica e genética, bem como alta proporção de espécies ameaçadas, devido à fragilidade e vulnerabilidade aos distúrbios antrópicos e às mudanças climáticas.

Apesar da relevância e valor dos serviços de ecossistêmicos, a devastação da vegetação primitiva ocorrida no país, também atingiu a Floresta Atlântica em Minas Gerais contribuindo com a redução de seus espaços, perda de habitat e da biodiversidade. Entretanto, persistem áreas preservadas em fragmentos isolados ou em áreas protegidas, como ocorrem na Serra da Mantiqueira, que segundo Drummond et al. (2005) é considerada área biológica especial por possuir alta riqueza de espécies de fauna e flora raras, endêmicas e ameaçadas. Assim, na Serra da Mantiqueira, área onde se situa a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto-Montana em Itamonte, MG, muitos sítios se mantêm preservados, cuja vegetação característica é a Floresta Estacional Semidecidual Montana *sensu* Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), a exemplo da área da Fazenda Pinhão Assado, colaborando então, com a manutenção da biodiversidade aí existente.

2.2 Florestas semidecíduais submontana e montana

Na grande área montanhosa Atlântica, a cobertura florestal do Pliopleistoceno era do tipo Ombrófilo Denso (pluvial tropical). Atualmente, essa floresta se limita a poucos agrupamentos isolados nas encostas e na faixa serrana da Mantiqueira com ocorrência de refúgios isolados da antiga “floresta de coniferales” representadas pelos gêneros *Araucaria* e *Podocarpus*, que dominaram áreas das plataformas mesozóicas do Hemisfério Sul (África-Austrália-América do Sul), *Drymis* (de gênese antiga e Australásico-Andina), além de outros refúgios mais numerosos da flora das Angiospermas (IBGE, 2012).

A Serra da Mantiqueira, uma cordilheira de montanhas que faz parte da Floresta Atlântica, persiste cerca de 20% da cobertura florestal atlântica remanescente no estado de Minas Gerais, na divisa com os estados de São Paulo e Rio de Janeiro (COSTA; HERRMANN, 2006; MOREIRA, 2017). A vegetação ocorrente engloba as fitofisionomias florestais como as Florestas Semidecíduais Submontana e Montana (acima de 500 m de altitude), Florestas Ombrófilas Densa Montana, localizadas nas faixas altitudinas entre 600 e

2.000 m e Florestas Ombrófilas Densa Alto-Montana, acima de 2.000 m de altitude (IBGE, 2012).

Na Serra da Mantiqueira, as Florestas Estacionais Semidecíduais Submontana e Montana ocorrem nas encostas interioranas da Serra, cujos tipos vegetais estão condicionados à dupla estacionalidade climática: uma tropical com épocas de intensas chuvas de verão, seguida de estiagem; outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica ocasionada pelo frio intenso de inverno, podendo apresentar temperaturas médias inferiores a 15°C (IBGE, 2012).

E para as formações florestais dessa Serra, a Floresta Alto-Montana é marcada pela presença de refúgios em áreas mais elevadas, conhecidos como “mata nuvigena ou mata nebular”, devido à presença de água que, ao se evaporar, se condensa formando neblina, precipitando-se sobre as áreas elevadas. Na Serra existe uma importante representatividade das Matas Nebulares (MOREIRA, 2017) que recebe várias denominações como “Floresta Tropical Montana” (RIZZINI, 1979), Floresta Ombrófila Altomontanha (TEIXEIRA et al., 1986), Matas Nebulares ou de Altitude (PEREIRA, 2009), Floresta Pluvial Montana (IBGE, 2012) e Floresta Nebular Montane ou Floresta de Neblina, considerada entre os mais raros ecossistemas ameaçados do mundo segundo Bruijnzeel, Scatena e Hamilton (2011) e de todas as vegetações florestais dos trópicos (MOREIRA, 2017).

As Florestas Nubladas são consideradas fornecedores de água de alta qualidade com apenas 0,26% da superfície terrestre do planeta e, um dos seis “pontos quentes” do mundo e nos quais estão inseridas as Florestas Atlânticas da América do Sul (BRUIJNZEEL; SCATENA; HAMILTON, 2011). No Brasil, a Floresta Nebular ou Matas Nebulares ou de Altitude (PEREIRA, 2009; THOMAZ, 2010) ocorrem no alto das escarpas e das serras, em altitudes altas, caracterizadas por frequência de nevoeiros densos, favorecendo o aumento da umidade e a diminuição da luminosidade, as temperaturas baixas e os ventos (PEREIRA, 2009) e a formação de nuvens, tudo isso, caracteriza um ambiente nebuloso (THOMAZ, 2010) e conduz a uma baixa capacidade evapotranspiratória, e aliadas à predominância de solos pouco profundos, reflete em um ambiente ecologicamente seletivo (SILVA et al., 2017).

2.3 Clethraceae Klotzsch

Pertence ao Núcleo das Eudicotiledôneas, Asteridae, ordem Ericales (APG IV, 2016), e abrange os gêneros *Clethra* L. e *Purdiaea* Planch. A família é composta por 95 espécies

(PERDIZ; GIULIETTI; OLIVEIRA, 2015) e distribui-se na região neotropical, sudeste dos Estados Unidos, leste da Ásia e Ilha da Madeira (FIOR; KARIS; ANDERBERG, 2003).

O gênero *Clethra* é encontrado da Ásia para a Malásia, EUA, do México para o Sul, em Cuba apenas uma espécie, assim como nas Índias Orientais (VALES; MONCADA; MACHADO, 1988) e na Ilha da Madeira (MOBOT, 2018). Na Argentina (ZULOAGA; BELGRANO, 2015). No Brasil, a família apresenta apenas duas espécies pertencentes ao gênero *Clethra* (GUIMARÃES; MEDEIROS; ROMÃO, 2015).

2.4 *Clethra scabra* Pers.

A espécie *C. scabra* no Brasil pode ser encontrada nos domínios da Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, com distribuição na Bahia e Sergipe no Nordeste, em Minas Gerais e Rio de Janeiro no Sudeste, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul no Sul (GUIMARÃES; MEDEIROS; ROMÃO, 2015; PERDIZ; GIULIETTI; OLIVEIRA, 2015). Além disso, ocorre em Campos de Altitude, Cerrado (lato sensu), em Restinga, em Florestas Estacionais Decidual e Semidecidual, Florestas Ombrófila e Ombrófila Mista (GUIMARÃES; MEDEIROS; ROMÃO, 2015); Floresta Superomontana, Poços de Caldas, MG (COSTA, et al., 2011); Florestas Ombrófila Mista (FERREIRA et al., 2017; STEHMANN et al., 2009; VALÉRIO; WATZLAWICK; BALBINOT, 2008); e Floresta Ombrófila Densa Altomontana (SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009).

Existem registros de ocorrências de *C. scabra* num trecho de Floresta de Brejo em Itatinga-SP (IVANAUSKAS; RODRIGUES; NAVE, 1997); Restinga em Cananéia-SP (SUGIYAMA; SOARES, 2003); Mata Atlântica no RJ (ARAÚJO; MATTOS FILHO, 1982; PEREIRA et al., 2008; STEHMANN et al., 2009) e em Cunha-SP (MARMONTEL et al., 2013); Matas Ciliares em Lavras-MG (CARVALHO et al., 2011); encostas da Floresta Montana e em florestas adjacentes das zonas úmidas em Ouro Preto-MG (PEDREIRA; SOUSA, 2011); Floresta Altimontana em Camanducaia, MG (MEIRELES; KINOSHITA; SHEPHERD, 2014); Mata Nebular em Rio Preto-MG (VALENTE et al., 2011).

Outros registros em Floresta Ombrófila Mista em Três Barras-SC (CUBAS, 2015); Floresta Ombrófila Mista Montana; formações vegetacionais alto-montanas da Serra Fina entre MG, SP, RJ (MEIRELES, 2009); São Roque-PR (WATZLAWICK et al., 2011); Floresta Ombrófila Mista, Campos de Jordão-SP (SOUZA et al., 2012); Floresta Ombrófila Mista Montana em Campos Novos-SC (HIGUCHI et al., 2016); Floresta Ombrófila de terras baixas no Paraná-PR (RODERJAN et al., 2002); no Cerrado em Goiás (CAMPOS et al.,

2015); região ecotonal no domínio da Mata Atlântica e Cerrado em Lavras-MG (MACHADO et al., 2015) e, nos domínios da Mata Atlântica e na Caatinga na Bahia (PERDIZ; GIULIETTI; OLIVEIRA, 2015).

C. scabra é conhecida por guaperê (ROSÁRIO, 2015), vassourão, carne-de-vaca, folha-de-bolo e cajuja. Apresenta-se nos portes arbustivo e arbóreo, com ocorrência preferencialmente em florestas secundárias, situadas em topografia ligeiramente inclinada e solos distróficos, úmidos e compactos (LORENZI, 1998). No Brasil, é predominantemente encontrada em áreas de alta altitude nas regiões sul e sudeste, bem como na Amazônia (SOUZA; LORENZI, 2005). A espécie é considerada restrita às formações altimontanas do Sul e Sudeste (MEIRELES; KINOSHITA; SHEPHERD, 2014).

C. scabra faz parte do grupo das espécies indicadoras da vegetação primária e dos estágios médio e avançado de regeneração e, está associada aos Campos de Altitude das regiões sul e sudeste (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010). Considerada espécie decídua por perder as folhas durante a estação seca e as renovam na estação chuvosa, especialmente nos meses de maior precipitação de novembro a dezembro (PEREIRA, 2015). Foi classificada pertencente à categoria sucessional intermediária (BLUM et al., 2005), pioneira nativa (ANTUNES; SANTOS, 2014; MARMONTEL et al., 2013; MMA, 2009) e secundária inicial (ROSÁRIO, 2015; SUGIYAMA; SOARES, 2003).

Em se tratando da anatomia foliar de *C. scabra*, as folhas são predominantemente dorsiventrals, mas, às vezes, elas podem ter áreas isobilaterais e hipoestomáticas, com cutícula fina em ambas as faces. A epiderme da face adaxial é multi-estratificada com duas ou três camadas celulares, enquanto a face abaxial possui apenas uma. O parênquima paliçádico tem uma ou duas camadas celulares e o lacunar com duas a quatro camadas. A epiderme abaxial é coberta por muitos tricomas estrelados. Os feixes vasculares têm uma bainha esclerenquimática que se estende para a epiderme de ambas as faces, com fibras de paredes finas e cheias de substâncias fenólicas (PEREIRA et al., 2017).

A espécie é utilizada na medicina popular como antidiurético, anti-inflamatório, antimalárico (WANDERLEY et al., 2013) além de importâncias ecológica com as flores melíferas (EMBRAPA, 2018), uso comercial da madeira (PIO CORRÊA, 1974), usos em recuperação de áreas degradadas e em reflorestamentos heterogêneos (LORENZI, 1998), e no controle da erosão moderado de córregos e lagoas (WENNERBERG, 2004).

2.5 Anatomia da madeira de Clethraceae no Clado Ericales

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), o termo xilema é derivado do grego (xilo) e significa madeira, devido ao material conhecido por esse termo ser resultante de crescimento secundário e constituído basicamente por xilema secundário. O xilema secundário é um tecido complexo, originado do câmbio vascular, formado por vários tipos de células vivas e outras que morrem na maturidade. Tem como constituintes principais, elementos traqueais que podem ser de dois tipos: traqueídes e os elementos de vaso; esses elementos são responsáveis pelo transporte de água e solutos a longas distâncias e podem combinar as funções de condução com a de sustentação. Outros constituintes são as fibras, formadas por células de formato alongado e fusiformes ou extremidades afiladas, com várias formas e tamanhos, e espessamento da parede, com função de sustentação; e, o parênquima xilemático que pode apresentar células com espessamento secundário e podem armazenar amido, óleos, cristais, taninos e pode formar as tilas.

Em relação aos elementos traqueais, existem diferenças entre os traqueídes caracterizados como sendo células muito longas de diâmetro reduzido e sem placas de perfuração nas paredes terminais, considerados primitivos, ocorrem em plantas vasculares sem sementes como pteridófitas, gimnospermas e em angiospermas primitivas, já os elementos de vaso são células com placas de perfuração nas paredes terminais e conduz a água pelo seu interior e são típicos de angiospermas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

As análises do xilema ou madeira do Clado Ericales realizada por Carlquist e Schneider (2004), demonstraram as características consideradas primitivas para o grupo, como remanescentes membranas perfuradas em elementos de vaso; placas de perfuração escalariformes; vasos angulares no contorno transicional; distribuição de poros da maioria dos espécimes variando entre 95 e 100% solitários; ocorrência dos traqueídes, como elemento traquial tipo imperfurado; parênquima axial difuso ou difuso em agregados. As madeiras altamente primitivas encontradas neste clado, indicam provavelmente a continuação da ocupação de sítios méxicos, contudo, existem exceções dentro das Ericales mais especializadas, que se irradiam para habitats mais secos (CARLQUIST; SCHNEIDER, 2004).

Para o gênero *Clethra*, dentre as características primitivas da madeira da família, apresenta placas de perfuração com mais de 100 barras e espaços estreitos entre as mesmas; elementos de vaso compridos; placas de perfuração tipo escalariforme longa e, reticulada ocasionalmente; e elementos traqueais não perfurados (traqueídes) (CARLQUIST; SCHNEIDER, 2004).

Contudo, no Clado Ericales ocorrem desvios das condições de vasos primitivos em relação ao gênero *Clethra*, a exemplo das espécies tropicais *Clethra brasiliensis* (Brasil) e *Clethra salvadorensis* (El Volcan, Salvador), onde existe uma relativa ausência de remanescentes de membranas perfuradas nas placas de perfuração (CARLQUIST; SCHNEIDER, 2004). Um desvio moderado de condições de madeira uniformemente primitivas pode ser encontrado na *Clethra barbinervis* (Japão), apresenta anéis de crescimento bem marcados, vasos circulares em contorno e vasos com diâmetro relativamente grande. O contraste entre as condições de congelamento no inverno e as condições quentes e úmidas no verão, nas localidades onde *C. barbinervis* ocorre, foi relacionado a esses estados de caráter.

Lens et al. (2007), em análise filogenética da anatomia da madeira da Ordem Ericales, concluíram que a madeira apresenta estrutura altamente diversificada, e devido a esta diversidade anatômica foi dividida em dois tipos: o mais “primitivo”, cujos membros crescem em montanhas das regiões tropical e temperada a ártica e, provavelmente, evoluíram com pouca mudança do grupo mais basal de Cornales; e o "derivado", dos quais fazem parte os táxons das terras baixas tropicais que evoluíram pelo menos duas vezes em linhas evolutivas separadas.

2.6 Influência do gradiente altitudinal nas características anatômicas de plantas vasculares

Ecossistemas de montanhas ocupam aproximadamente 24 % da superfície terrestre e, suportam cerca de um terço da diversidade biológica global (KÖRNER, 2016), sendo caracterizados por um elevado endemismo de espécies e provisão contínua de serviços ecossistêmicos (KÖRNER et al., 2005). Nesses ecossistemas, condições pedológicas, topográficas e microclimáticas predominantes são associadas às elevadas altitudes (JACOBI; CARMO, 2011) e envolve alta exposição solar, nebulosidade, ventos constantes, amplitudes térmicas diárias acentuadas, baixa fertilidade do solo, incidência frequente de fogo, déficit hídrico e topografia acentuada com elevadas taxas de erosão (SAFFORD; MARTINELLI, 2000; SILVA et al., 2006; SZARZYNSKI, 2000;). Assim, para sobreviverem às condições geodáficas estressantes, espécies vegetais exibem adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e reprodutivas, além de diferentes formas de vida que as permitem perdurar nesses ambientes adversos (POREMBSKI, 2007; POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000).

De acordo com Lieberman et al. (1996), a diferença altitudinal influencia diretamente a ocorrência das espécies, podendo ocasionar uma substituição delas, sendo que, ambientes

com maiores altitudes apresentam um menor número de espécies quando comparados aos de menores. As condições ambientais, que variam com a altitude, influenciam não somente a riqueza, mas também a diversidade, composição, estrutura, distribuição das espécies (CAMPOS et al., 2018; CORDEIRO, 2017; GONZÁLES et al., 2018; LEE; CHUN, 2016; MOTA et al., 2016, MOTA et al., 2018; SANG, 2009), características das flores e alocação reprodutiva (FABBRO; KÖRNER, 2004) bem como, características funcionais e filogenéticas das comunidades vegetais (LEGENDRE et al., 2009).

Características ecofisiológicas de abeto vermelho (*Picea crassifolia* Kom.) crescendo em altitudes entre 2501 e 3450 m nas Montanhas de Qilian na China examinadas por Zhao et al. (2008) observaram que a concentração de nitrogênio por unidade de massa, concentração de carbono por unidade de massa agulha (acícula) e concentração de água na agulha (acícula), número de estômatos por grama de nitrogênio, área de acícula projetada para 100 acículas e número de estômatos por unidade de massa da acícula mostraram diferenças consistentes entre árvores de diferentes idades ao longo do gradiente altitudinal. A densidade estomática, concentração de água e área de acículas projetadas foram apenas significativamente correlacionadas com composição do isótopo de carbono o ($\delta^{13}\text{C}$) em árvores maduras. Os autores sugeriram que existem diferenças fisiológicas entre as acículas de abetos jovens e adultos as quais determinam suas respostas às mudanças de altitude em regiões montanhosas semi-áridas.

Características anatômicas de 20 a 30 espécies de altitude baixa (600 m) e alta (3.000 m) em áreas montanhosas nos Alpes e nos trópicos analisadas por Körner et al. (1989) registraram redução da área foliar específica com a altitude e aumento na espessura foliar; comprimento e matéria seca dos pecíolos reduziram drasticamente em alta altitude; volume do espaço aéreo na superfície do mesófilo se apresentou um terço maior, e o tecido paliçádico, em média, consiste de 2.7 em vez das 1.7 camadas celulares encontradas em espécie de baixa altitude; espessura da epiderme, foi maior em altas altitudes; estômatos de plantas de alta altitude mostraram uma quantidade maior localizados nas epidermes adaxiais e, na maioria das áreas investigadas a densidade estomática aumentou com a elevação da altitude e depois declinou, e a alteração estrutural mais visível nas plantas observadas ao longo do gradiente altitudinal foi a redução no tamanho total da planta.

Aspectos da micromorfologia e da anatomia foliar de *Galium hypocarpium* Endl. ex Griseb., *Guettarda viburnoides* Cham. & Schltldl. e *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult. (Rubiaceae) realizado por Alexandrino, Moraes e Cunha (2011) na Floresta Atlântica, em Itatiaia, RJ entre as altitudes de 700 e 2.787 m, mostraram além das características

anatômicas comuns à família, apresentaram as características diagnósticas entre as espécies: *G. hypocarpium* a superfície abaxial apresenta cutícula estriada, nas superfícies adaxial e abaxial presenças de tricomas tectores, epiderme abaxial contém células secretoras com conteúdo lipídico; *P. latifolia* possui ornamentações cuticulares apenas nos estômatos, ausência de tricomas tectores; *G. viburnoides*, possui a superfície abaxial coberta por tricomas unisseriados com cristais prismáticos. As espécies estudadas são hipostomáticas, estômatos paracíticos, sistema vascular em feixes tipo colateral e envolvido por uma bainha parenquimática; esta se prolonga até a epiderme adaxial em *G. viburnoides*.

Influência da altitude na plasticidade foliar de *Clusia obdeltifolia* Bittrichi (Clusiaceae) em duas altitudes (980 e 1150 m) em campos rupestres na Bahia verificada por Silva et al. (2010), confirmaram que os indivíduos localizados em maior altitude apresentaram menor área foliar, maior densidade estomática, cutícula mais espessa, epiderme das faces adaxial e abaxial com maiores espessuras, parênquima paliçádico constituído por células mais alongadas e o parênquima esponjoso mostrou-se mais espesso. Os autores alegaram que as adaptações anatômicas apresentadas pela espécie podem estar relacionadas com as condições ambientais onde elas se localizam.

Variações anatômicas do xilema secundário da espécie arbórea *Gmelina arborea* Roxb. (Lamiaceae) introduzida na Costa Rica com fins comerciais estudadas por (MOYA; TOMAZELLO FO, 2008), analisando os componentes xilemáticos, afirmaram que algumas características anatômicas permaneceram estáveis apesar das variações das condições ecológicas, especialmente do parênquima radial foi a menos afetada pela altitude. A latitude afetou significativamente na porcentagem de vasos, comprimento e diâmetro da fibra e do lúmen; a longitude influenciou no percentual do vaso e diâmetro da fibra; a altitude teve uma correlação significativa com a quantidade de células na altura do raio. A precipitação média anual afetou a porcentagem e o diâmetro do vaso, da fibra e do lúmen. Os autores sugeriram que as novas condições de crescimento das árvores de *G. arborea* na Costa Rica produziram uma adaptação anatômica.

A influência da idade da árvore de *Eremanthus erythropappus* (DC. McLeisch), Asteraceae sobre os elementos anatômicos relacionados às condições de relevo na área 1 (1.000 m) e área 2 (1.100 m) verificada por Mori et al. (2010), atestaram que as características anatômicas das madeiras das duas áreas foram semelhantes, com variações na quantidade de vasos maior em árvores mais velhas; a frequência de vasos foi menor em árvores mais velhas; densidade básica da madeira variou de 0,74 g/cm³ na área 1 e 0,68 g/cm³ para a área 2, sendo maior em árvores mais velhas; registraram diferenças estatisticamente significativas de idade

entre as árvores de candeia para as duas áreas, onde a área de menor altitude apresentou árvores com maiores idades; as características anatômicas, químicas e densidade da candeia foram influenciadas pela idade das árvores em condições distintas de relevo.

Diferenças anatômicas na casca de *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand (Mytaceae) em um fragmento da Floresta Ombrófila Mista nas altitudes de 840 m (altitude 1), 1340 m (altitude 2) e 1603 m (altitude 3) verificadas por Blagitz et al. (2017), registraram que a distribuição das células condutoras e do parênquima axial, a composição do esclerênquima e os raios foram semelhantes nos três ambientes, apresentaram caráter taxonômico. Observaram diferenças na estrutura do tecido de revestimento e no arranjo do esclerênquima do floema. O arranjo do esclerênquima indicou uma menor quantidade nas altitudes 1340 m e 1603 m. Isto pode estar associado a menor disponibilidade de nutrientes nestes locais, que faz com que o espessamento da parede celular de células da casca tenha baixa prioridade, refletindo em menor quantidade de esclerênquima.

Mediante o exposto, a morfologia e a anatomia das plantas são diretamente influenciadas pelo ambiente em que elas se estabelecem. E, fatores como regime hídrico, temperatura ambiente e os atributos do solo, associados às características genéticas e fisiológicas de cada indivíduo, vão refletir diretamente no crescimento e no desenvolvimento, alterando os componentes estruturais (BAAS, 1973; METCALFE; CHALK, 1950), as propriedades e qualidades tecnológicas da madeira (COSTA et al., 2006).

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, C. MORAES, T. M. da. S.; CUNHA, M. da. Micromorfologia e anatomia foliar de espécies de Rubiaceae do Parque Nacional de Itatiaia-RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 3, p. 275-288, 2011.
- ANTUNES, A. R.; SANTOS, R. dos. *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) no sul do estado de Santa Catarina. 2014. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.
- ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do Desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **RESR**, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.
- ARAÚJO, P. A. de. M.; MATTOS FILHO, A. de. Estrutura das madeiras brasileiras de dicotiledôneas (XXV). Clethraceae (*Clethra* LINN.). **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 5-26, 1982.
- ARZOLLA, F. A. R. D. P. et al. Uma revisão da distribuição de *Ocotea curucutuensis* J.B. Baitello na região sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 21-25, 2009.
- BAAS, P. The anatomy of *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, Leiden, v. 21, n. 2, p. 193-260, 1973.
- BENITES, V. M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 569-577, 2007.
- BLAGITZ, M. et al. Anatomia da casca de *Myrceugenia euosma* (Myrtaeaceae) em um gradiente altitudinal de floresta ombrófila mista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2017, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: CBCTEM, 2017. p. 1-12. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/papers/anatomia-da-casca-de-myrceugenia-euosma-%28myrtaeaceae%29-em-um-gradiente-altitudinal-de-floresta-ombrofila-mista>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- BLUM, C. T. et al. **Espécies vegetais invasoras em comunidades florestais nativas nas margens da represa do Vossoroca, APA de Guaratuba, Paraná, Brasil**. 2005. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/174/_arquivos/174_05122008112345.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomass: Mata Atlântica**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomass/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 08 jan. 2019.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. **Deliberação CONABIO n.º 57**, de 28 de outubro de 2008. Dispõe sobre a criação da Câmara Técnica Temporária sobre Ecossistemas de Montanha. Brasília, 2008. 3 p.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. **Serviço Florestal Brasileiro Florestas do Brasil em resumo 2010**: dados de 2005-2010. Brasília, 2010. 152 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n.º 51, de 03 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 4 fev. 2009. Seção I, p. 123.

_____. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).

_____. Presidência da República. Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Instituiu o Código Florestal Brasileiro**. Revogado pela Lei n.º 12. 651, de 2012. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

BRUIJNZEEL, L. A.; SCATENA, F. N.; HAMILTON, L. S. **Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 768 p.

CABRAL, A. et al. Ericaceae da Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. Ericaceae of the Serra Negra, Minas Gerais, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 1, p. 225-236, 2016.

CÂMARA, I. G. Breve história da conservação da mata atlântica. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. p. 31-42.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. Brasília: MMA/SBF, 2010. 96 p. (Série Biodiversidade, 35).

CAMPOS, A. C. et al. Levantamento fitogeográfico e catalogação das espécies nativas da unidade de conservação Parque Estadual Serra de Jaraguá - Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., 2015, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: IBEAS, 2015. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/anais/2014/PDF/29deoutubro/Forum_Pesquisa/FP2_levantamentofitogeografico.pdf>. Acesso em: 30 fev. 2019.

CAMPOS, P. V. et al. Plant diversity and community structure of Brazilian Páramos. **Journal of Mountain Science**, Beijing, v. 15, n. 6, p. 1186-119, 2018.

CARDOSO, P. H. et al. Verbenaceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 2, p. 777-786, 2018.

CARLQUIST, S.; SCHNEIDER, E. K. Perforation plate pit membrane remnants and other vessel details of Clethraceae: primitive features in wood of Ericales. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 165, n. 3, p. 369-375, 2004.

CARVALHO, D. A. de. et al. **Florestas ciliares de Minas Gerais: ambiente e flora**. Bacias do Leste e dos rios Doce, Grande, Paraíba do Sul, Parnaíba e São Francisco. Lavras: Ed. UFLA, 2011. 116 p.

CASTRO, E. M. de.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 234 p.

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Hotspots Revisitados**: As Regiões mais Ricas e Ameaçadas do Planeta. 2018. Disponível em: <<https://www.conservation.org/global/brasil/publicacoes/Documents/HotspotsRevisitados.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

CORDEIRO, A. de. A. C. **Influência da altitude na florística e na diversidade de plantas em campo de altitude, Parque Nacional do Caparaó**. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Eds). **Anatomia vegetal**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 129-140.

COSTA, C.; HERRMANN, G. Plano de ação do Corredor Ecológico da Mantiqueira. Belo Horizonte: **Valor Natural**, 2006. 64 p.

COSTA, C. M. R. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para a conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. 92 p.

COSTA, M. do. P. et al. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea de uma floresta superomontana, no planalto de Poços de Caldas (MG). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 711-725, 2011.

CRUZ, B. P. da. et al. Comparison of leaf anatomy and essential oils from *Drimys brasiliensis* Miers in a montane cloud forest in Itamonte, MG, Brazil. **Botanical Studies**, v. 55, n. 1, p. 41-54. 2014.

CUBAS, R.; FINGER, C. A. G. **Restabelecimento de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa* após sete décadas da exploração florestal**. 2015. 118 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

DO CARMO, J. A. M.; SIMÕES, A. O. Rubiaceae no Município de Camanducaia, Serra da Mantiqueira, Minas Gerais: sinóps e chave interativa. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 4, p. 1411-1429, 2017.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para a conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biota Minas**: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais subsídio ao Programa Biota Minas. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009. 624 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Árvores na Agricultura**. 2018. Folder. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrobiologia/arvores-na-agricultura>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

FABBRO, T.; KÖRNER, C. Altitudinal differences in flower traits and reproductive allocation. **Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Lunda, v. 199, n. 1, p. 70-81. 2004.

FERREIRA, P.I. et al. Potencial de fragmentos florestais inseridos dentro de floresta de exóticas para a restauração da floresta com araucárias. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 1049-1060, 2017.

FIOR, S.; KARIS, P. O.; ANDERBERG, A. A. **Phylogeny, taxonomy, and systematic position of *Clethra* (Clethraceae, Ericales) with notes on biogeography: evidence from plastid and nuclear DNA sequences.** **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 164, n. 6, p. 997-1006, 2003.

FREITAS, B. S. M. de. **Anatomia foliar e trocas gasosas de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira - MG.** 2017. 40 p. Dissertação (Mestrado em Botânica Botânica Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2016-2017.** São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2018. 63 p. (Relatório Técnico).

GELAIN, A. J. L. et al. Desmatamento no Brasil: um problema ambiental. **Revista Capital Científico – Eletrônica**, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2012.

GONZÁLES; A. S. et al. Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. **Polibotánica**, Colonia Santo Tomás, n. 45, p. 101-113, 2018.

GRADSTEIN, S. R.; COSTA, D. P. The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. **Memoirs of New York Botanical Garden**, New York, v. 87, p. 1-336, 2003.

GUIMARÃES, E. F.; MEDEIROS, E. S.; ROMÃO, G. O. Clethraceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB88>>. Acesso em 03 fev. 2019.

HIGUCHI, P. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e relação com variáveis ambientais em um remanescente florestal em Campos Novos -SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 35-46, 2016.

HIROTA, M. M. Monitoramento da cobertura da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas.** Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 60-65.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 2012. 271 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama:** Lavras. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/panorama>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta de brejo em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 139-153, 1997.

- JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. do. Life-forms, pollination and seed dispersal syndromes in plant communities on ironstone outcrops, SE Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 25, n. 2, p. 395-412, 2011.
- KAGEYAMA, P.; LEPSCH CUNHA, N. M. Singularidade da biodiversidade nos trópicos. In: GARY, I.; DIAS, B. F. S. (Eds.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 199-214.
- KIER, G. et al. A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 106, n. 23, p. 9322-9327, 2009.
- KÖRNER, C. et al. Functional Morphology of Mountain Plants. **Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Lunda, v. 182, n. 5-6, p. 353-383, 1989.
- KÖRNER, C. et al. Mountain Systems. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Eds.). **Ecosystems and human well-being: Current state and trends**. Washington: Island Press, 2005. p. 681-716.
- KÖRNER, C. et al. A global inventory of mountains for bio-geographical applications. **Alpine Botany**, Basel, v. 127, n. 1, p. 1-15, 2016.
- LEE, C. B.; CHUN, J. H. Environmental drivers of patterns of plant diversity along a wide environmental gradient in Korean temperate forests. **Forests**, Basel, v. 7, n. 1, p. 19-35, 2016.
- LENS, F. et al. The role of wood anatomy in phylogeny reconstruction of Ericales. **Cladistics**, New York, v. 23, n. 3, p. 229-254, 2007.
- LIEBERMAN, D. et al. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology**, London, v. 84, n. 2, p. 137-152, 1996.
- LEGRENDE, P. et al. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. **Ecology**, California, v. 90, n. 3, p. 663-674, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.
- MACHADO, F. S. et al. **Diversidade arbórea e microestrutura de habitat para pequenos mamíferos em fragmentos florestais**. 2015. 118 p. Tese (Doutorado Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- MANGARAVITE, E. **A complexa história evolutiva de *Cedrela fissilis* (Meliaceae) da Mata Atlântica brasileira durante as mudanças climáticas do quaternário**. 2016. 94 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- MARMONTEL, C. V. F. et al. Characterization of vegetation of secondary of biome Atlantic Forest com base on your position in the landscape. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 2042-2052, 2013.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, 2007.

MENINI NETO, L. et al. Flora vascular não-arbórea de uma floresta de gruta na Serra da Mantiqueira, Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 4, p. 149-161, 2009.

MEIRELES, L. D. **Estudos florísticos, fitossociológicos e fitogeográficos em formações vegetacionais altimontanas na Serra da Mantiqueira meridional, sudeste do Brasil**. 2009. 262 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MEIRELES, L. D.; KINOSHITA, L. S.; SHEPHERD, G. J. Composição florística da vegetação altimontana do distrito de Monte Verde (Camanducaia, MG), Serra da Mantiqueira Meridional, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, p. 831-859, 2014.

METCALFE, C.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, v. 2, 1950.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction**. 2nd ed. Oxford: Clarendon, 1989. 297 p.

MINAS GERAIS. **Cobertura vegetal de Minas Gerais**. Instituto Estadual de Florestas. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

MOBOT. **Ordem Ericales**. Disponível em: <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/orders/ericalesweb.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2019.

MOREIRA, B. **As nanoflorestas nebulares do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil: análise florística, fitogeográfica e fitossociológica**. 2017. 106 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada ao Manejo Florestal) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

MORI, C. L. S. de. et al. Influência da idade e altitude nas características anatômicas, químicas e de densidade básica da madeira de candeia - *Eremanthus erythropappus*. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 825-836, 2010.

MOTA, N. M. et al. Forces driving the regeneration component of a rupestrian grassland complex along an altitudinal gradient. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 845-860, 2016.

MOTA, G. S. et al. Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in south-eastern Brazil. **Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Lunda, v. 238, p. 32-42. 2018.

MOYA, R.; TOMAZELLO FO, M. Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 56, n. 2, p. 689-704, 2008.

MYERS et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

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

PEDREIRA, G.; SOUSA, H. C. de. Comunidade arbórea de uma mancha florestal permanentemente alagada e de sua vegetação adjacente em Ouro Preto-MG, Brasil. Tree community of a permanent flooded forest and its adjacent vegetation area in Ouro Preto, Minas Gerais state, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 663-675, 2011.

PERDIZ, R. de. O.; GIULIETTI, A. M.; OLIVEIRA, R. P. de. Flora da Bahia: Clethraceae. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, Feira de Santanta, v. 15, p. 1-4, 2015.

PEREIRA, T. S. et al. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **IHERINGIA**, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.

PEREIRA, A. B. Mata Atlântica: Uma Abordagem Geográfica. **Nucleus**, Ituverava, v. 6, n.1, p. 27-53, 2009.

PEREIRA, J. A. **Herbivoria foliar em populações e espécies arbóreas cogenéricas entre florestas paludosas e de encosta**. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

PEREIRA, J. A. et al. Crown architecture and leaf anatomic traits influencing herbivory on *Clethra scabra* Pers.: comparing adaptation to wetlands and drained habitats. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 481-490, 2015.

PIO-CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura; Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1974.

POMPEU, P. V. et al. 2014. Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 28, n. 3, p. 456-464. 2014.

POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 151, n. 1, p. 19-28, 2000.

POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 579-586, 2007.

REZENDE, M. G. et al. Flora vascular da Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais e relações florísticas com áreas de altitude da Região Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 201-224, 2013.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, v. 2, 1979.

RODERJAN, C. V. et al. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75-42, 2002.

ROSÁRIO, R. P. G. **Parâmetros e descritores biológicos para o estabelecimento de classes de estágios sucessionais iniciais para a Floresta Ombrófila Densa Montana, como contribuição à conservação da Mata Atlântica**. 2015. 267 p. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio de São Paulo, São Paulo, 2015.

SAFFORD, H. D., MARTINELLI, G. Southeast Brazil. In: POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. (Eds.). **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 339-389. (Ecological Studies, 146).

SANG, W: Plant diversity patterns and their relationships with soil and climatic factors along an altitudinal gradient in the middle Tianshan Mountain area, Xianjiang, China. **Ecological Research**, Spring Lake, v. 24, n. 2, p. 303-314, 2009.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. Floristic composition of four tropical upper montane rain forests in Southern Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 796-797, 2009.

SILVA, A. C. da et al. Organização da comunidade e estrutura filogenética do componente arbóreo de um fragmento de floresta nebular no planalto catarinense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 129-141, 2017.

SILVA, C. R. A. da. et al. Influência da altitude na plasticidade foliar de *Clusia obdeltifolia* Bittrichi (Clusiaceae). **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 23, n. 1, p. 29-48, 2010.

SILVA, I. V. et al. Estratégias anatômicas foliares de treze espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) - MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 20, n. 3, p. 741-750, 2006.

SILVEIRA, F. A. O. et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 403, n. 1-2, p. 129-152, 2016.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata atlântica**. 2019. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em 18 abr. 2019.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2015-2016 (Relatório Técnico)**. 2017. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2015-2016_relatorio_tecnico_2017.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SOUZA, K. F. de. **Comparação da anatomia foliar de *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult. e *Myrsine umbellata* Mart. em diferentes cotas altitudinais**. 2014. 50 p. Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SOUZA, R. P. M. de; et al. Estrutura e aspectos da regeneração natural de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 387-407, 2012.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STEHMANN, J. R. et al. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, 2009. 516 p.

SUGIYAMA, M.; SOARES, J. J. **Estudos florísticos e fitossociológicos em comunidades vegetais de restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo**. 2003. 134 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SZARZYNSKI, J. Xeric Islands: Environmental Conditions on Inselbergs. In: POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. (Eds.). **Inselbergs**: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 37-47. (Ecological Studies, 146).

TABARELLI, M.; RODA, S. A. Uma oportunidade para o Centro de Endemismo Pernambuco. **Natureza & Conservação**, Recife, v. 3, n. 2, p. 22-28, 2005.

TEIXEIRA, M. B. et al. **Vegetação**: as regiões fícoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos fitogeográficos. In: **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 541-636.

THOMAZ, L. D. A Mata Atlântica no estado do Espírito Santo, Brasil: de Vasco Fernandes Coutinho ao século 21. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Santa Tereza, v. 27, p. 5-20, 2010.

THUILLER, W. et al. Climate change threats to plant diversity in Europe. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 102, n. 23, p. 8245–8250, 2005.

VALES, M. A.; MONCADA, M.; MACHADO, S. Anatomía comparada de Clethraceae en Cuba. **Revista del Jardín Botánico Nacional**, Habana, v. 9, n. 3, p. 69-73, 1988.

VALENTE, A. S. M. et al. Composição, estrutura e similaridade florística da Floresta Atlântica, na Serra Negra, Rio Preto - MG. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 321-340, 2011.

VALÉRIO, F.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. Análise florística e estrutural do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Clevelândia, sudoeste do Paraná. Floristic and structural analysis of the tree component of a Subtropical Ombrophilous Forest fragment, in Clevelândia, southwestern region of Parana State. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 239-248, 2008.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123 p.

WANDERLEY, B. M. S. **Atividade antiplasmódica e toxicológica de plantas medicinais usadas no Brasil: uma abordagem etnobotânica**. 2012. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

WATZLAWICK, L. F. et al. Variação nos Teores de Carbono Orgânico em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. **Floram**, Seropédica, v. 18, n. 3, p. 248-258, 2011.

WENNERBERG, S. **Plant Guide**. Louisiana: USDA; NRCS, 2004. Disponível em: <<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/plantmaterials/home/>>. Acesso: 12 dez. 2018.

ZHAO, C. et al. Altitudinal differences in the leaf fitness of juvenile and mature alpine spruce trees (*Picea crassifolia*). **Tree Physiology**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 133-141. 2008.

ZULOAGA, F. O.; BELGRANO, M. J. The Catalogue of Vascular Plants of the Southern Cone and the Flora of Argentina: their contribution to the World Flora. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 4, p. 989-1024, 2015.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ANATOMIA COMPARADA DE *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA EM ITAMONTE, MG, BRASIL

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

RESUMO

Para verificar a influência da altitude na estrutura anatômica de folhas e galhos de indivíduos da espécie *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) ocorrentes na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, MG, realizaram-se coletas nas cotas altitudinais de 1500, 1700, 1900 e 2100 metros. Folhas e galhos de *C. scabra* coletados foram fixados e preparados seguindo procedimentos usuais de microtécnica vegetal. Procederam-se análises anatômicas quantitativas através do software de análise de imagem. As folhas de *C. scabra* são hipoestomática, epiderme multisseriada, presenças de tricomas tectores estrelados em depressões na face abaxial, mesofilo dorsiventral, parênquima paliçádico ocupando cerca de 90% do mesofilo e o parênquima lacunoso o menor percentual. A nervura central com xilema bem desenvolvido e o feixe vascular envolvido por uma bainha esclerenquimática. Os dados submetidos às análises de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott demonstraram que na espécie *C. scabra* as espessuras do limbo aumentaram significativamente com a altitude de 100,72 μm (1500 m) para 142,36 μm (2100 m) e do mesofilo seguiu o mesmo padrão com aumento de 64,16 μm (1500 m) para 92, 83 μm (2100 m), bem como, do parênquima paliçádico com aumentos de 41,84 μm para 58,99 μm , e parênquima esponjoso de 22,32 μm para 33,84 μm . Para o xilema secundário de *C. scabra*, o comprimento dos elementos de vaso apresentou diminuição com o aumento altitudinal de 565,91 μm (1500 m) para 471,12 μm (2100 m), diâmetro tangencial do vaso obteve aumento entre as cotas de 38,1 μm (1500 m) para 40,77 μm (1700 m), entretanto, nas maiores cotas altitudinais ocorreu redução de 35,01 μm (1900 m) para 30,81 μm (2100 m). Índices de vulnerabilidade de Carlquist e de mesomorfia diminuíram ao longo do gradiente altitudinal de 0,14 (1500 m) para 0,10 (2100 m) e 79,45 (1500 m) para 48,74 μm (2100 m). Comprimento das fibras diminuiu com aumento da altitude de 1.224,23 μm (1500 m) para 962,53 μm (2100 m) e a espessura das paredes das fibras aumentaram significativamente de 4,14 μm (1500 m) para 5,03 μm (2100 m). A altitude influenciou positivamente no incremento da espessura dos tecidos foliares de *C. scabra* sendo mais espessos, podem ser interpretados como resposta ao déficit hídrico no solo e aumento da absorção de água na forma de neblina. Uma diminuição significativa foi observada no comprimento, no diâmetro tangencial dos elementos de vasos, nos índices de vulnerabilidade e de mesomorfia em função do aumento da altitude. Em altitudes mais elevadas esses resultados podem significar maior eficiência e segurança na condução hídrica. A espécie *C. scabra* apresenta plasticidade anatômica foliar e no xilema secundário que, provavelmente, são responsáveis pela adaptação dessa espécie nas diferentes condições ambientais impostas pela altitude. Desta forma, pode-se inferir que folhas e galhos de *C. scabra* apresentam modificações anatômicas foliares e nos galhos em face às condições ambientais ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Particular do Patrimônio Nacional-RPPN em Itamonte, MG.

Palavras-chave: Carne de vaca. Floresta nebulosa. Plasticidade fenotípica.

COMPARATIVE ANATOMY OF *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) IN DIFFERENT ALTITUDES IN THE SERRA DA MANTIQUEIRA IN ITAMONTE, MG, BRAZIL

ABSTRACT

To verify the influence of altitude on the anatomical structure of leaves and branches of individuals of the species *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae) occurring in the Serra da Mantiqueira, in Itamonte, MG, were collected at altitudes of 1500, 1700, 1900 and 2100 meters. Collected *C. scabra* leaves and branches were fixed and prepared following the usual procedures of vegetal microtechnique. Quantitative anatomical analyzes were performed using the image analysis software. The leaves of *C. scabra* are hyposomatic, multiseriate epidermis, presence of stellate hairs or trichomes in depressions on the abaxial face, dorsiventral mesophyll, palisade parenchyma occupying about 90% of mesophyll and the spongy parenchyma the lowest percentage. The midrib with well-developed xylem and the vascular bundle surrounded by a sclerenchymatic sheath. Data submitted to analysis of variance (ANOVA) and the Scott-Knott test showed that in *C. scabra* species the thickness of the leaf blade increased significantly with the altitude from 100.72 μm (1500 m) to 142.36 μm (2100 m) and the mesophyll followed the same pattern with increase from 64.16 μm (1500 m) to 92.83 μm (2100 m), as well as from the palisade parenchyma with increases from 41.84 μm to 58.99 μm , and parenchyma spongy from 22.32 μm to 33.84 μm . For the secondary *C. scabra* xylem, the length of the vessel elements decreased with the altitudinal increase from 565.91 μm (1500 m) to 471.12 μm (2100 m). 38.1 μm (1500 m) to 40.77 μm (1700 m), however, at the highest elevations, there was a reduction from 35.01 μm (1900 m) to 30.81 μm (2100 m). Carlquist and mesomorphic vulnerability indices decreased along the elevation gradient from 0.14 (1500 m) to 0.10 (2100 m) and 79.45 (1500 m) to 48.74 μm (2100 m). Fiber length decreases with increasing altitude from 1,224.23 μm (1500 m) to 962.53 μm (2100 m) and the wall thickness of the fiber increased significantly from 4.14 μm (1500 m) to 5.03 μm (2100 m). Altitude had a positive influence of the leaf tissues thickness increase of *C. scabra* leaf tissue, being thicker and can be interpreted as response to water deficit in the soil and increased water absorption in the form of fog. A significant decrease was observed in vessel element length, tangential diameter, vulnerability and mesomorphy indices as a result of the increase in altitude. At higher altitudes these results may mean greater efficiency and safety in water conduction. The species *C. scabra* has anatomical leaf and secondary xylem plasticity that are probably responsible for the adaptation of this species to the different environmental conditions imposed by altitude. Thus, it can be inferred that *C. scabra* leaves and branches have leaf and branch anatomical modifications in the face of environmental conditions along the altitudinal gradient in the RPPN National Heritage Private Reserve in Itamonte, MG.

Keywords: Carne de vaca. Nebular forest. Phenotypic plasticity.

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica está entre as mais importantes florestas tropicais do mundo, por apresentar grande diversidade de espécies (MYERS et al., 2000). E sua distribuição engloba formações florestais nativas (Florestas Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual), e ecossistemas associados como os manguezais, vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (BRASIL, 2019; SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

A Mata Atlântica Mineira está representada pelas Florestas Estacionais Semidecíduais (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), localizadas no centro-sul e sul-sudeste do estado (OLIVEIRA-FILHO; SCOLFORO; MELLO, 1994). No Sudeste, estudos de levantamento florístico demonstram que a altitude acompanhada da precipitação e temperatura são os fatores mais importantes que influenciam as formações florestais (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000). Contudo, a altitude é um fator que age associado, principalmente, às variações de temperatura e de umidade, as quais podem estar na forma de precipitação ou de neblina, e podem cobrir áreas montanhosas por longos períodos (BRUIJNZEEL; VENEKLAAS, 1998). Além disso, diferença de variação dos fatores ambientais, como temperatura e precipitação em variados gradientes, pode ocasionar mudanças nas características anatômicas das plantas, necessitando assim de se conhecer quais são essas respostas e a relação dessas características com os fatores ambientais (ZHANG et al., 2014).

Embora, essas florestas prestem muitos serviços de ecossistêmicos, a devastação da vegetação primitiva ocorrida no país, contribuiu com a redução dos seus espaços, perda de habitats e da biodiversidade, ocasionando a fragmentação da Floresta Atlântica em Minas Gerais e os biomas inseridos em seu domínio. Contudo, persistem áreas preservadas em fragmentos isolados ou em áreas protegidas, como ocorrem na Serra da Mantiqueira, área de importância biológica especial devido à alta riqueza de espécies de fauna e flora raras, endêmicas e ameaçadas (DRUMMOND et al., 2005). Na Serra da Mantiqueira, área onde se situa a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto Montana em Itamonte, MG, com sítios preservados, com vegetação característica, a Floresta Estacional Semidecidual Montana *sensu* Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), colaborando então, com a manutenção da biodiversidade aí existente.

Apesar da grande relevância da Serra da Mantiqueira para Minas Gerais e região sudeste, o conhecimento sobre suas espécies vegetais ainda é incipiente, uma vez que os estudos realizados estão focados, principalmente, na composição florística, estrutura e dinâmica de comunidades e estudos sobre anatomia foliar ao longo de gradientes ambientais são escassos (CRUZ et al., 2014; FREITAS, 2017; SOUZA, 2014). Pela falta de estudos anatômicos sobre xilema secundário de espécies para a reserva ambiental, existe necessidades de ampliação de conhecimentos da anatomia foliar e, principalmente, anatomia do xilema secundário de espécies da Reserva Particular do Patrimônio Nacional-RPPN em Itamonte.

Diante desse cenário, para estudar anatomia foliar e do xilema ao longo do gradiente altitudinal numa área na Serra, foi escolhida a família Clethraceae considerada primitiva, possui apenas um gênero e duas espécies no Brasil. Uma das espécies é espécie *C. scabra* considerada restrita às formações altimontanas do Sul e Sudeste e com importâncias ecológicas, econômica e de usos medicinais. Como os fatores ambientais sofrem variações em diferentes gradientes, e assim, em respostas a essas diferenças, espécies podem apresentar modificações nas características anatômicas ao longo do gradiente altitudinal, então, faz-se necessário de se conhecer quais são essas modificações anatômicas das folhas e galhos de *C. scabra* relacionadas às mudanças altitudinais no local estudado.

Clethra scabra Pers. possui as sinonímias botânicas: *Clethra brasiliensis* Cham. & Schltdl., *Crossophrys brasiliensis* (Cham. & Schltdl.) Klotzsch ex Meisn. e *Crossophrys chamissonis* Klotzsch ex Meisn. (GUIMARÃES; MEDEIROS; ROMÃO, 2015). É uma espécie arbustiva e arbórea, conhecida popularmente como carne-de-vaca, pertencente à família Clethraceae. No estado de Minas Gerais a espécie ocorre na Mata Atlântica, na Floresta Semidecidual de Altitude (WINCKLER et al., 2006). Sendo característica das matas Secundárias de Altitude da Serra da Mantiqueira, estabelecem-se, preferencialmente, no interior de capoeiras e capoeirões, ou nas suas orlas, situadas em solos pobres, úmidos e compactos, de declives suaves (LORENZI, 1998).

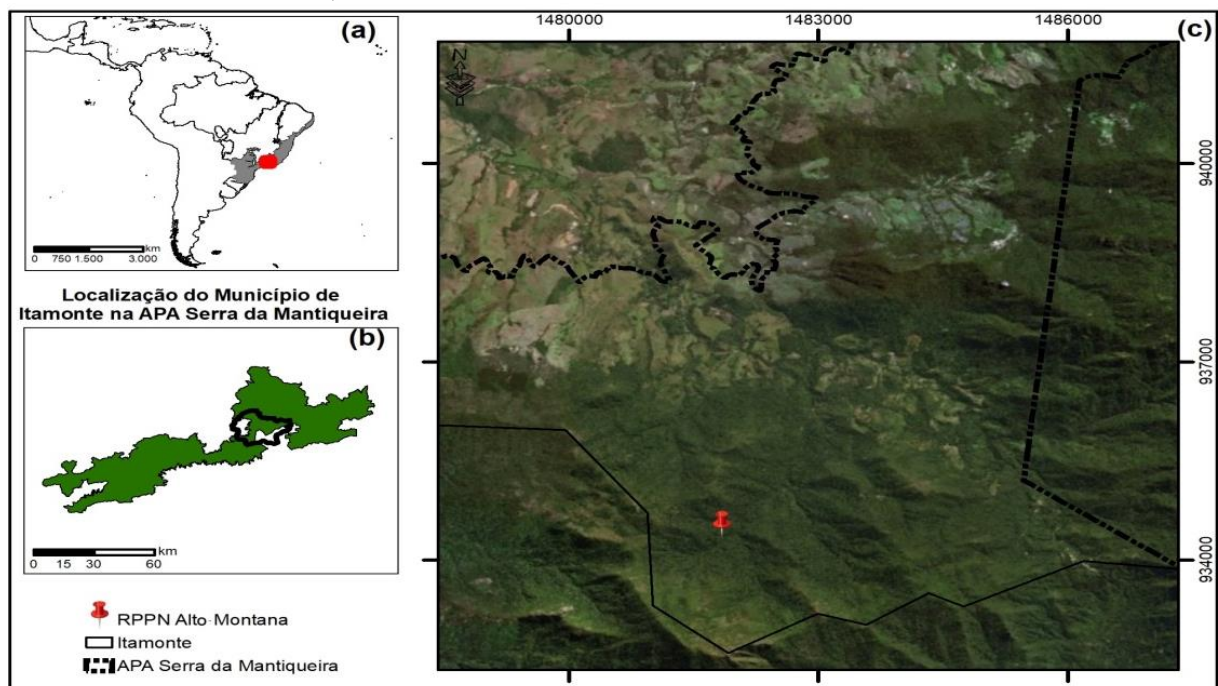
Trata-se de uma espécie arbórea que floresce de jan-fev., frutifica entre maio-ago e tem dispersão anemocórica (PEREIRA et al., 2008); é considerada de rápido crescimento; recomendada no uso de recuperação de áreas degradadas, em reflorestamentos heterogêneos (LORENZI, 1998) e no controle da erosão moderado ao longo de córregos e lagoas (WENNERBERG, 2004). Encontra-se associada aos Campos de Altitude das regiões Sul e sudeste (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010). Sua madeira é bastante usada comercialmente em São Paulo, Minas Gerais e Paraná para lenha e carvão conforme registrado por Pio Corrêa (1974), além de usos madeireiro e ecológico (NOGUEIRA; VIEIRA, 2015).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no domínio Mata Atlântica, localizado na Serra da Mantiqueira, município de Itamonte, Sul do estado de Minas Gerais, Brasil. A área de estudo está localizada na Unidade de Conservação (UC), modalidade Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto Montana situada na Fazenda Pinhão Assado, com área de 672 hectares. Mais da metade da área dessa fazenda foi declarada Unidade de Conservação de proteção integral e vitalícia em 24 de novembro de 2011. As coordenadas geográficas da área são de aproximadamente 22°21'55''S e 44°48'32''O. O clima é classificado como Cwb, segundo a classificação de Köppen, temperado úmido com inverno seco e verão temperado (SÁ JÚNIOR et al., 2012) (FIGURA 1).

Figura 1 – Área de estudo na Reserva Particular Alto Montana, no município de Itamonte- Minas Gerais, Brasil.



Legenda: **a** - Brasil na América do Sul e localização da área de estudo no Estado de Minas Gerais, na região sudeste do país; **b** - Localização do Município de Itamonte na APA da Mantiqueira; **c** - Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN Alto Montana, área de coletas. Fonte: Programa Arcamp 10.7.1, arquivos vetoriais IBGE (2015); ICMBIO (2018).

Dados das médias anuais de parâmetros microclimáticos, registrados na área de estudo nas cotas altitudinais de 1500, 1700, 1900 e 2100 m, foram concedidos por colaboradores do

Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, MG e reportam-se ao período de um ano de acompanhamento das observações adquiridas das estações meteorológicas (watchDog modelo 2900ET) conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias dos parâmetros microclimáticos nas cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m) de uma floresta ombrófila alto-montana na Serra da Mantiqueira em Itamonte, MG. BR.

DADOS MICROCLIMÁTICOS	COTAS ALTITUDINAIS (m)			
	1500	1700	1900	2100
Umidade relativa do ar (%)	80,00	78,00	79,47	87,68
Umidade relativa máxima (%)	90,50	82,00	88,40	99,16
Umidade relativa mínima (%)	67,12	64,00	66,52	64,66
Temperatura (°C)	16,00	14,50	13,50	11,80
Temperatura máxima extrema (°C)	29,80	24,90	25,00	21,80
Temperatura mínima extrema (°C)	4,60	3,90	1,70	6,40
Ponto de orvalho (°C)	12,41	10,40	9,77	9,41
Ponto de orvalho máximo (°C)	15,73	14,42	12,83	13,86
Ponto de orvalho mínimo (°C)	8,10	5,15	5,30	2,30

*Acompanhamento realizado durante o ano de 2015 por estações meteorológicas (watchDog modelo 2900ET) instaladas em cada cota altitudinal.

2.2 Coleta e preparo das amostras

As coletas dos materiais (folhas e galhos) de *C. scabra* foram realizadas em junho de 2018 em quatro cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m). Em cada cota altitudinal foram selecionados cinco indivíduos que estavam presentes em duas parcelas de 20x20 m. De cada indivíduo foram coletados 10 folhas e 10 galhos, provenientes da região mediana da copa. Após a coleta, as amostras foram fixadas em F.A.A.70% (formaldeído, ácido acético e etanol 70% por 72 horas e transferidas para etanol a 70%) até as realizações das análises microscópicas. O material botânico voucher sob o número ESAL-30.528 encontra-se depositado no Herbário da Universidade Federal de Lavras.

2.3 Anatomia foliar

As análises anatômicas das folhas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal no Departamento de Biologia na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para o estudo anatômico foliar foram selecionadas seis folhas/indivíduo. As secções transversais foram obtidas de fragmentos da região mediana da folha que foram desidratados em concentrações crescentes de etanol (70, 80, 90 e 100%) em intervalos de 2 horas cada. Em seguida as seções foram imersas em solução de pré-infiltração, composta por etanol 100% e resina base (1:1) por 24 horas.

Para a polimerização, as amostras foram incorporadas em historesina, utilizado o kit historesina, conforme recomendações do fabricante (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) e colocadas para secar em estufa a 50°C. As secções transversais foram realizadas em micrótomo rotativo semiautomático, Yidi YD-335 (JinhuaYidi Medical Appliance CO., LTD, Zhejiang, China).

As lâminas foram coradas em solução de Azul de toluidina 1% (O'BRIEN; FEDER e MCCULLY, 1965) e utilizando Entellan® com meio de montagem. Em seguida as lâminas foram fotografadas em microscópio Zeiss Microimaging GmbH Scope A1 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Göttingen, Germany) com câmera digital acoplada (AxionCam ERc5s) e as imagens analisadas por meio do Software UTHSCSA-Image Tool 3.0 para as avaliações quantitativas.

As variáveis analisadas foram: espessura da cutícula adaxial, epidermes adaxial e abaxial, espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso, espessura do mesofilo e a espessura do limbo foliar.

2.4 Anatomia dos galhos

Análises anatômicas do lenho foram realizadas no Laboratório de Anatomia da madeira no Departamento de Ciências Florestais na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Seccionaram-se seis galhos/indivíduo em micrótomo de deslize (Leica SM 2000R), com espessura de 16 µm nas seções transversais e longitudinal (tangencial).

As seções obtidas foram clarificadas, lavadas em álcool 20% e coradas com safranina aquosa 1% e azul de alcian aquoso 1%, na proporção de 1:9 (KRAUS; ARDUIM, 1997). Após a coloração, os cortes foram desidratados em concentrações crescentes de etanol (30, 50, 70, 90 e 100%) e fixados em álcool/acetato de butila (nas proporções: 3:1; 1:1, 1:3) e

posteriormente em acetato de butila 100%. As lâminas foram montadas permanentemente com resina sintética (Entellan®).

A dissociação dos elementos celulares foi realizada seguindo a metodologia de Franklin (1945), feita com solução macerante na proporção de 1:1 de peróxido de hidrogênio e ácido acético em estufa de 60°C por 24 horas. Posteriormente, realizou-se a lavagem até a retirada da solução macerante. O material foi corado com safranina 1%, e montado em lâminas semipermanentes com auxílio de glicerina.

As lâminas foram fotografadas em microscópio Olympus modelo BH-2 acoplado a uma câmera digital por meio do software analisador Wincell, obtendo-se de forma direta a mensuração dos elementos celulares. Para cada característica anatômica observada, foram realizadas 30 medições. As variáveis mensuradas foram: comprimento, diâmetro tangencial e frequência dos vasos; diâmetro das pontoações intervasculares, frequência dos raios, comprimento, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras.

O índice de vulnerabilidade foi calculado pelo (diâmetro de vaso/frequência de vaso) e o índice de mesomorfia pelo (índice de vulnerabilidade x comprimento de elementos de vaso) foram analisados conforme proposto por Carlquist (2001).

As análises microscópicas qualitativas e quantitativas foram descritas conforme as normas do IAWA Committee (1989).

2.5 Análises estatísticas

A normalidade da distribuição de dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. ANOVA (One-way) foi utilizada para testar a significância das diferenças observadas com pacote Sisvar[®] (Versão 4.6, UFLA, Brasil). As diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste de Scott-Knott, e os valores de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

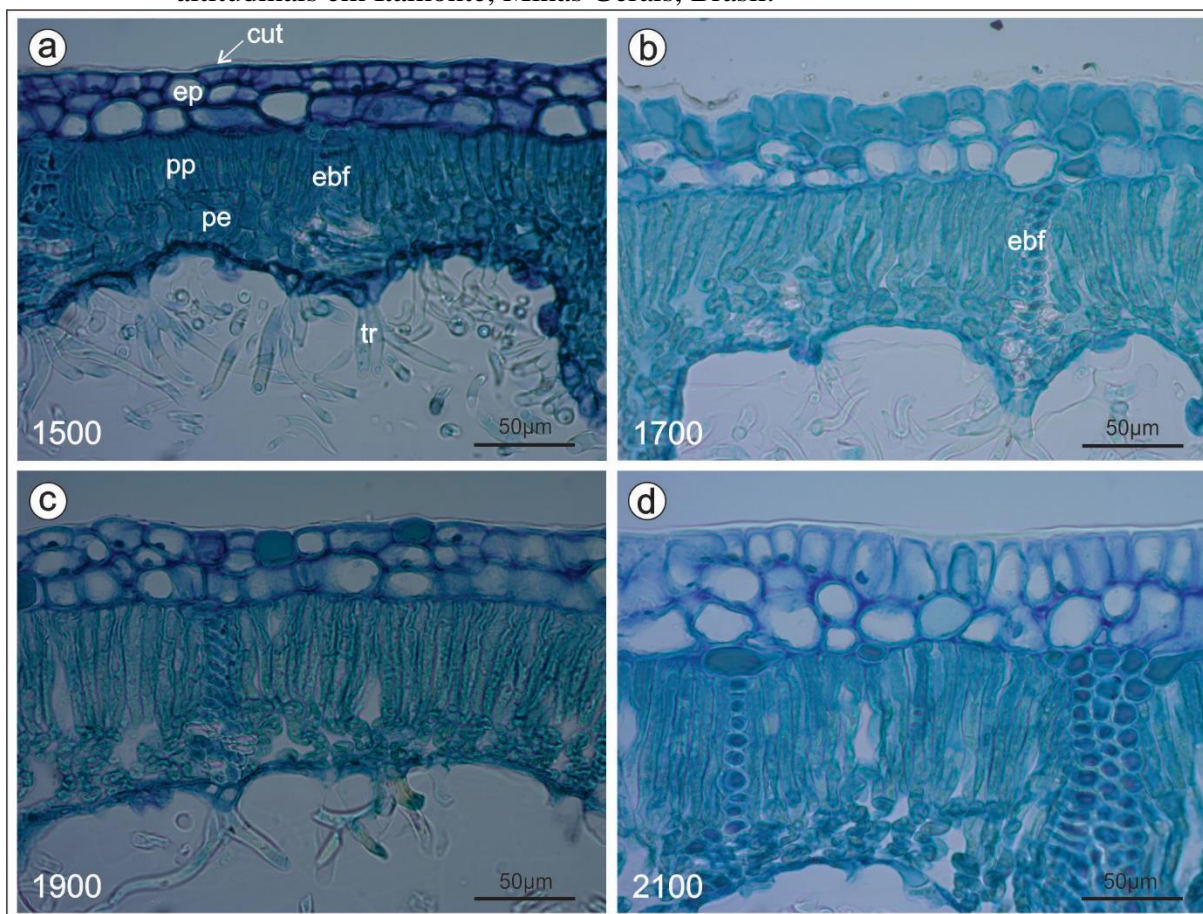
3 RESULTADOS

3.1 Anatomia foliar

As folhas de *C. scabra* são hipoestomática, no entanto não foi possível realizar a contagem dos estômatos por mm² por cota altitudinal, devido os estômatos estarem

localizados em depressões da epiderme com alta densidade de tricomas tectores. Nas depressões da face abaxial epidérmica existem tricomas tectores estrelados. A epiderme é multisseriada, composta de 2 a 3 camadas, revestida por toda a sua extensão por uma cutícula. O mesofilo é dorsiventral, possui parênquima paliçádico bem espesso, ocupando aproximadamente 90% do mesofilo e o parênquima lacunoso é relativamente compacto apresentando o menor percentual. A nervura central apresenta xilema bem desenvolvido circunscrito por cordões de floema. Todo o feixe vascular é envolvido por uma bainha esclerenquimática (FIGURA 2).

Figura 2 – Secções transversais de folhas de *Clethra scabra* Pers. em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



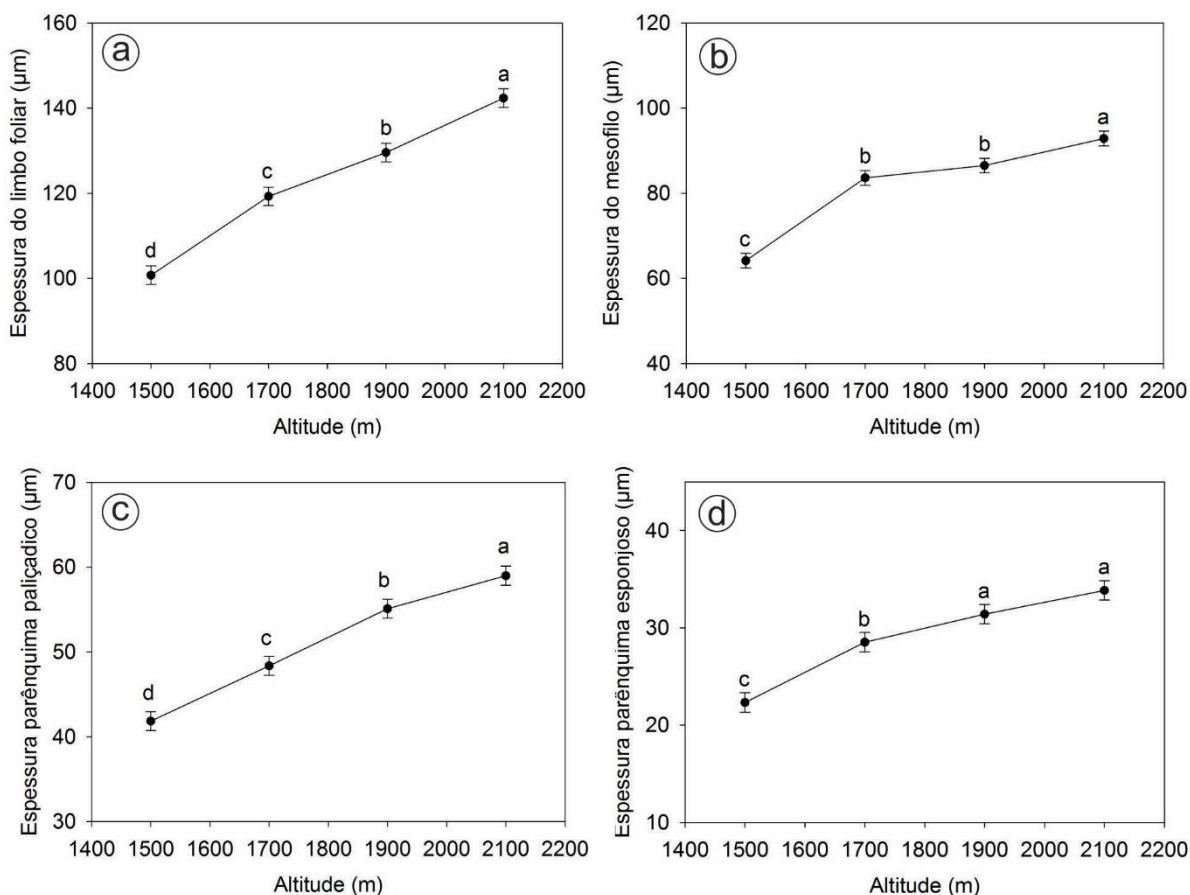
Legenda: **cut** - cutícula; **ep**- epiderme adaxial; **pp** - parênquima paliçádico; **pe** - parênquima esponjoso; **tr** - tricomas tectores estrelados; **ebf**- envoltório da bainha do feixe.

Fonte: Dos autores (2018).

A altitude influenciou positivamente no incremento da espessura dos tecidos foliares de *C. scabra* (FIGURA 3). A espessura do limbo, mesofilo e dos parênquimas paliçádico e esponjoso apresentaram aumento ao longo do gradiente altitudinal. A espessura do limbo aumentou significativamente com a altitude de 100,72 µm (1500 m) para 142,36 µm (2100 m)

(FIGURA 3a). A espessura do mesofilo seguiu o mesmo padrão com aumento de 64,16 μm (1500 m) para 92, 83 μm (2100 m) (FIGURA 3b), assim como a espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso com aumentos de 41,84 μm para 58,99 μm , e de 22,32 μm para 33,84 μm , respectivamente (FIGURAS 3c, 3d).

Figura 3 – Características anatômicas foliares de *Clethra scabra* Pers. em função de diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



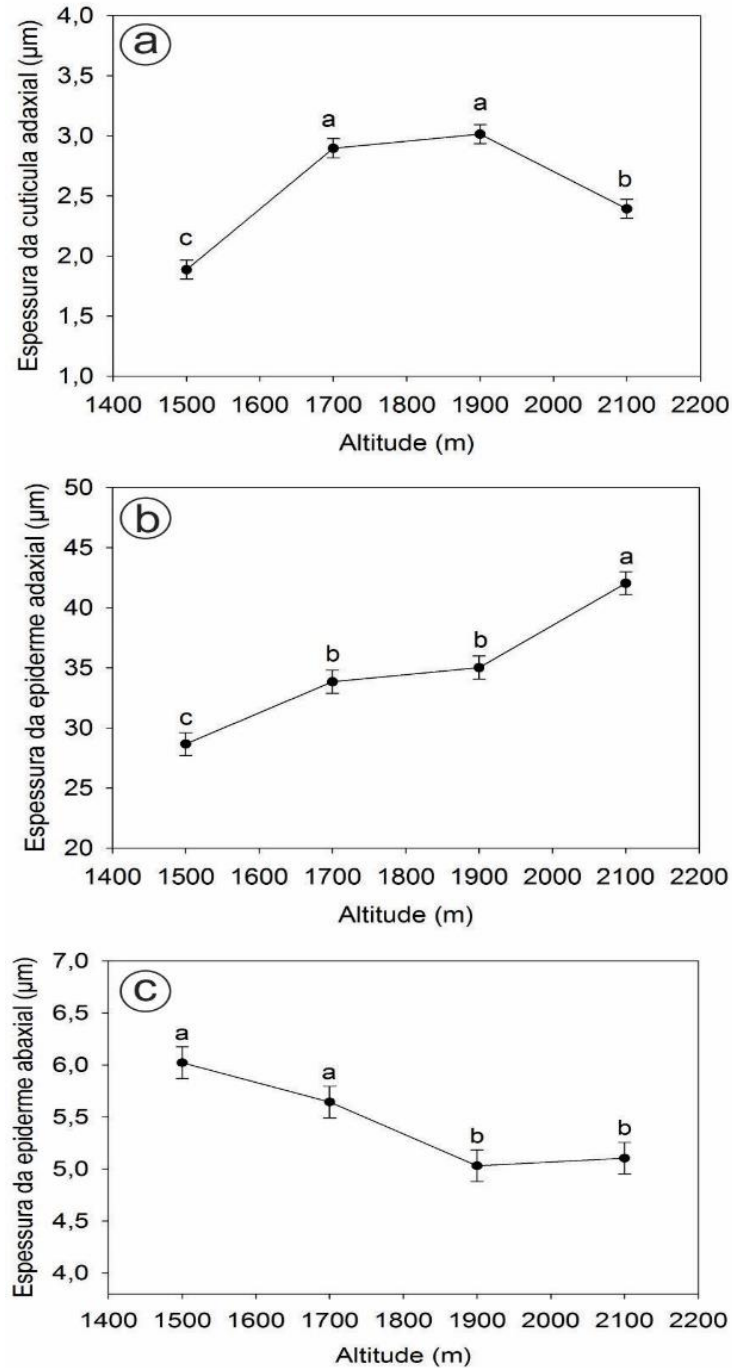
Legenda: **a** - espessura do limbo foliar; **b** - espessura do mesofilo; **c** - espessura do parênquima paliçádico; **d** - espessura do parênquima esponjoso. Letras similares não diferem significativamente de acordo com o teste de Scott–Knott ($p \leq 0.05$).

Fonte: Dos autores (2019).

A espessura da cutícula adaxial e das epidermes adaxial e abaxial foram influenciadas pela altitude (FIGURA 4). A espessura da cutícula adaxial teve aumento significativo de 1,88 μm (1500 m) para 2,89 μm (1700 m) (FIGURA 4a). Entre as cotas de 1700 m e 1900 m não ocorreu diferença na espessura (3.01 μm). Entretanto, com o aumento altitudinal para 2100 m a espessura diminuiu para 2,39 μm . A epiderme adaxial apresentou aumento na espessura ao longo do gradiente altitudinal com 28,65 μm (1500 m) para 42,03 μm (2100) (FIGURA 4b).

Contudo, para a epiderme abaxial a altitude influenciou negativamente, com a redução de 6,02 μm (1500) para 5,10 μm (2100 m) (TABELA 1 e FIGURA 4c).

Figura 4 – Características anatômicas foliares de *Clethra scabra* Pers. em função de diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



Legenda: **a** - espessura da cutícula adaxial; **b** - espessura da epiderme adaxial; **c** - espessura da epiderme abaxial. Letras similares não diferem significativamente de acordo com o teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

Fonte: Dos autores (2019).

3.2 Anatomia dos galhos

O xilema secundário dos galhos de *C. scabra* apresenta anéis de crescimento distintos, delimitados por uma camada de fibras com parede mais espessa, formando zonas fibrosas (FIGURA 5a). A porosidade dos vasos é difusa, representada por 90,33% de vasos solitários com contorno angular e 9,67% de vasos múltiplos (germinados em sua maioria) (FIGURAS 5a, 7). A média do diâmetro tangencial dos vasos é de 35,98 μm , numerosos, tendo a frequência de 309,70 vasos/ mm^2 e comprimento de 517,92 μm .

Os elementos de vaso apresentam-se em distribuição radial, com placa de perfuração escalariforme com 20 a 40 barras (FIGURAS 5c, 5d) e espessamento da parede do tipo helicoidal. Apêndices podem ou não, ocorrer em uma ou em ambas as extremidades. As pontoações intervasculares são do tipo alternas com formato poligonal, pequenas, média de 4,5 μm (FIGURA 5e).

As fibras são do tipo libriformes curtas ou medianas, com o comprimento médio de 1098,98 μm (FIGURA 5g), diâmetro tangencial do lume de 10,48 μm com parede espessa de 4,47 μm , pontoações diminutas presentes, septadas (FIGURA 5d), e algumas apresentam bifurcações. Fibrotraqueídes presentes, com pontoações grandes e areoladas (FIGURA 5f).

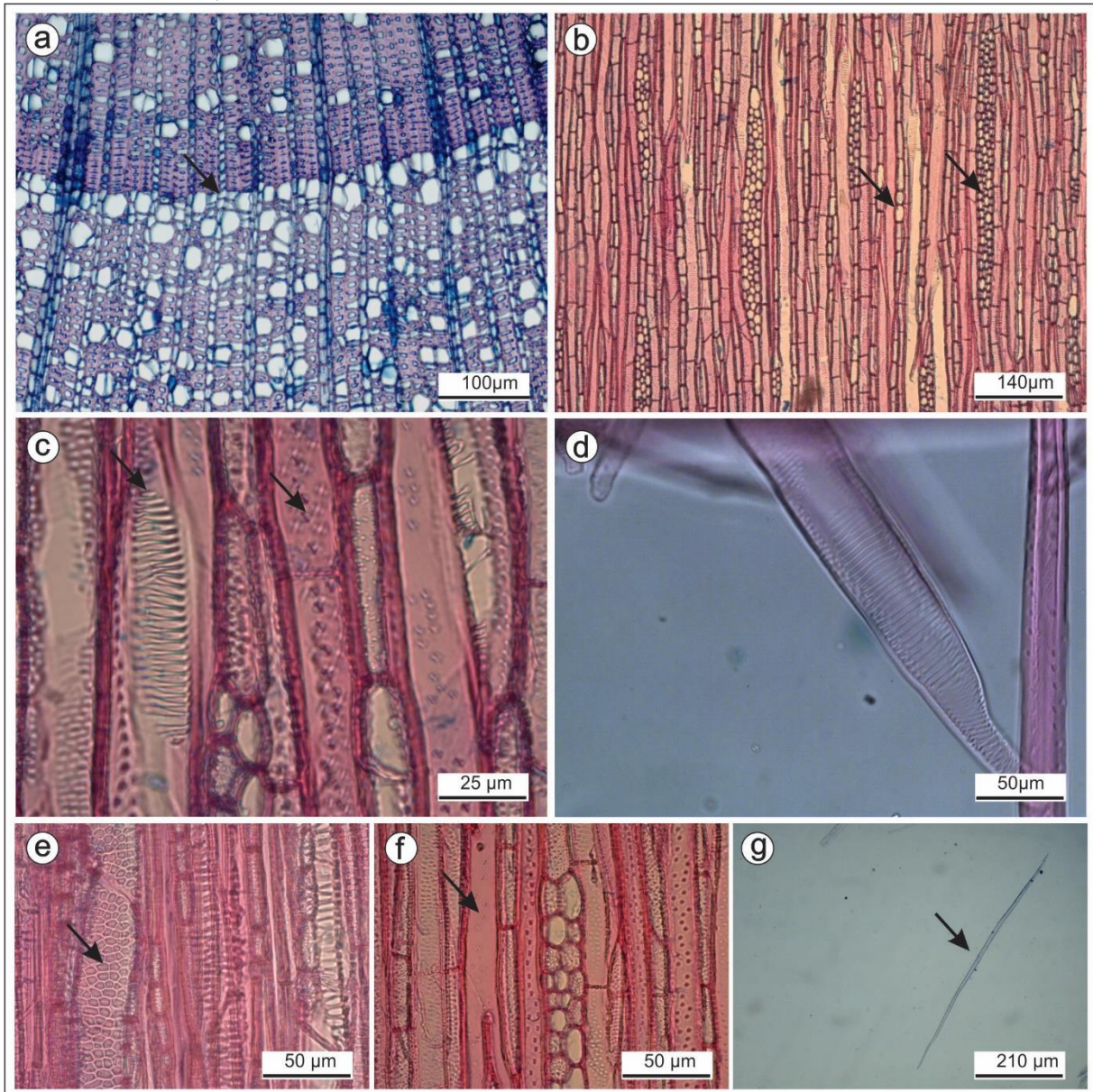
O parênquima axial paratraqueal apresenta dois tipos: vasicêntrico e escasso, com 3 a 7 células de bainha na secção tangencial. Os raios são de dois tamanhos distintos: unisseriados e multisseriados (2 a 5 células) (FIGURA 5b). Presença de células envolventes e raios fusionados.

A altitude promoveu modificações significativas na anatomia do xilema secundário de *C. scabra* (FIGURA 6). O comprimento dos elementos de vaso apresentou diminuição com o aumento altitudinal de 565,91 μm (1500 m) para 471,12 μm (2100 m) (FIGURA 6a). O diâmetro tangencial do vaso obteve aumento entre as cotas de 1500 m a 1700 m (38,1 μm e 40,77 μm , respectivamente), entretanto, nas maiores cotas altitudinais ocorreu redução de 35,01 μm (1900 m) para 30,81 μm (2100 m) (TABELA 1 e FIGURA 6b).

O índice de vulnerabilidade de Carlquist e de mesomorfia diminuíram ao longo do gradiente altitudinal de 0,14 (1500 m) para 0,10 (2100 m) e 79,45 (1500 m) para 48,74 μm (2100 m), respectivamente nas Figuras 6c, 6d.

O comprimento das fibras diminuiu com aumento da altitude de 1.224,23 μm (1500 m) para 962,53 μm (2100 m) como pode ser observado na Figura 6e. A espessura da parede das fibras aumentou significativamente de 4,14 μm (1500 m) para 5,03 μm (2100 m) (TABELA 1 e FIGURA 6f).

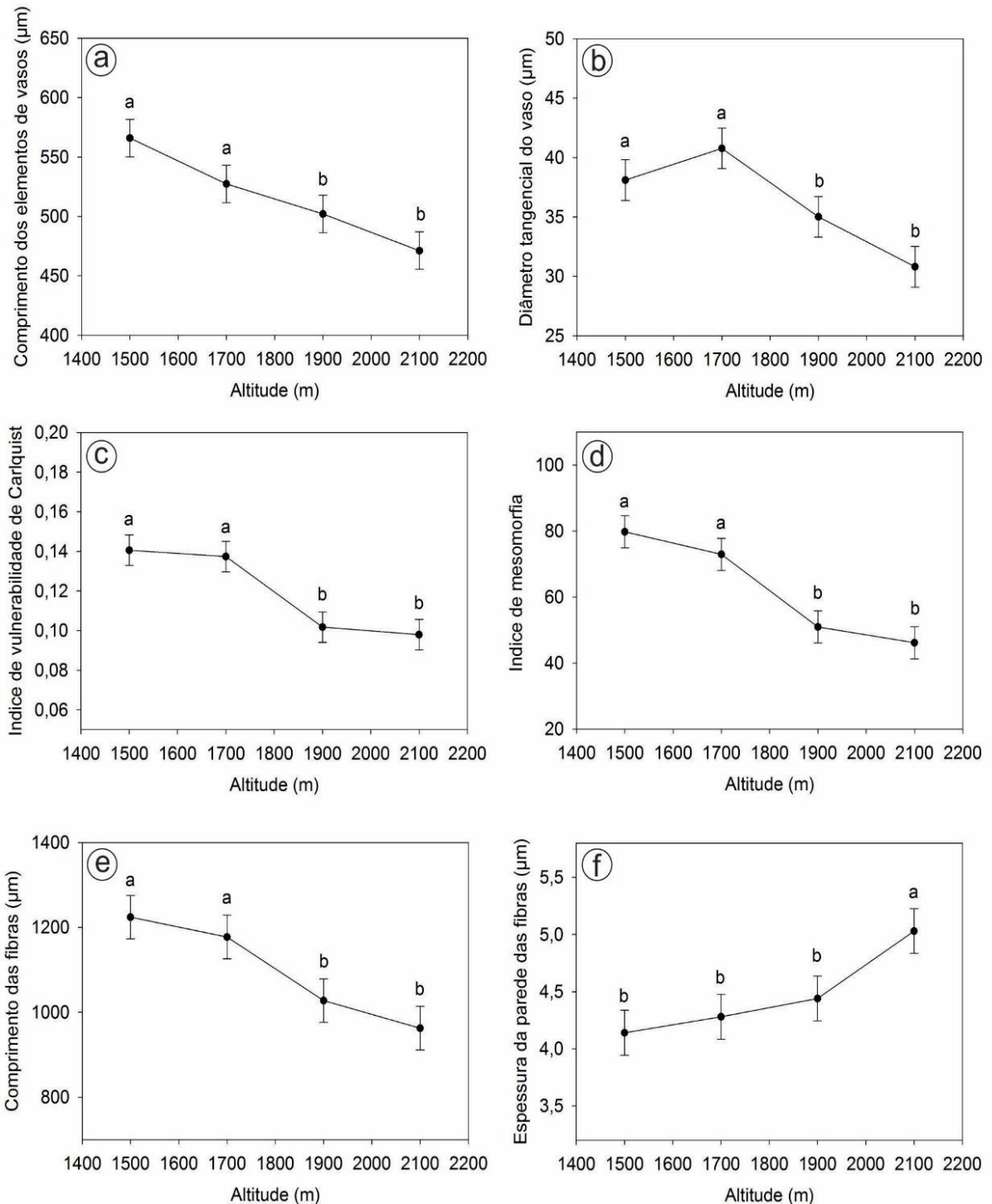
Figura 5 – Características anatômicas dos galhos de *Clethra scabra* em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



Legenda: **a**- anéis de crescimento distinto por camadas de fibras com parede mais espessa - seta, porosidade difusa (seção transversal); **b**- raios uni e multisseriados - seta (seção tangencial); **c**- placa de perfuração escalariforme e fibra septada – seta (seção tangencial); **d**- placa de perfuração escalariforme (macerado); **e**- pontoações intervasculares alternas com formato poligonal - seta (seção tangencial); **f**- fibrotraqueídes com pontoações grandes e areoladas - seta (seção tangencial); **g**- fibra libriforme (macerado).

Fonte: Dos autores (2019).

Figura 6 – Modificações dos elementos de vasos e das fibras de *Clethra scabra* Pers. Em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



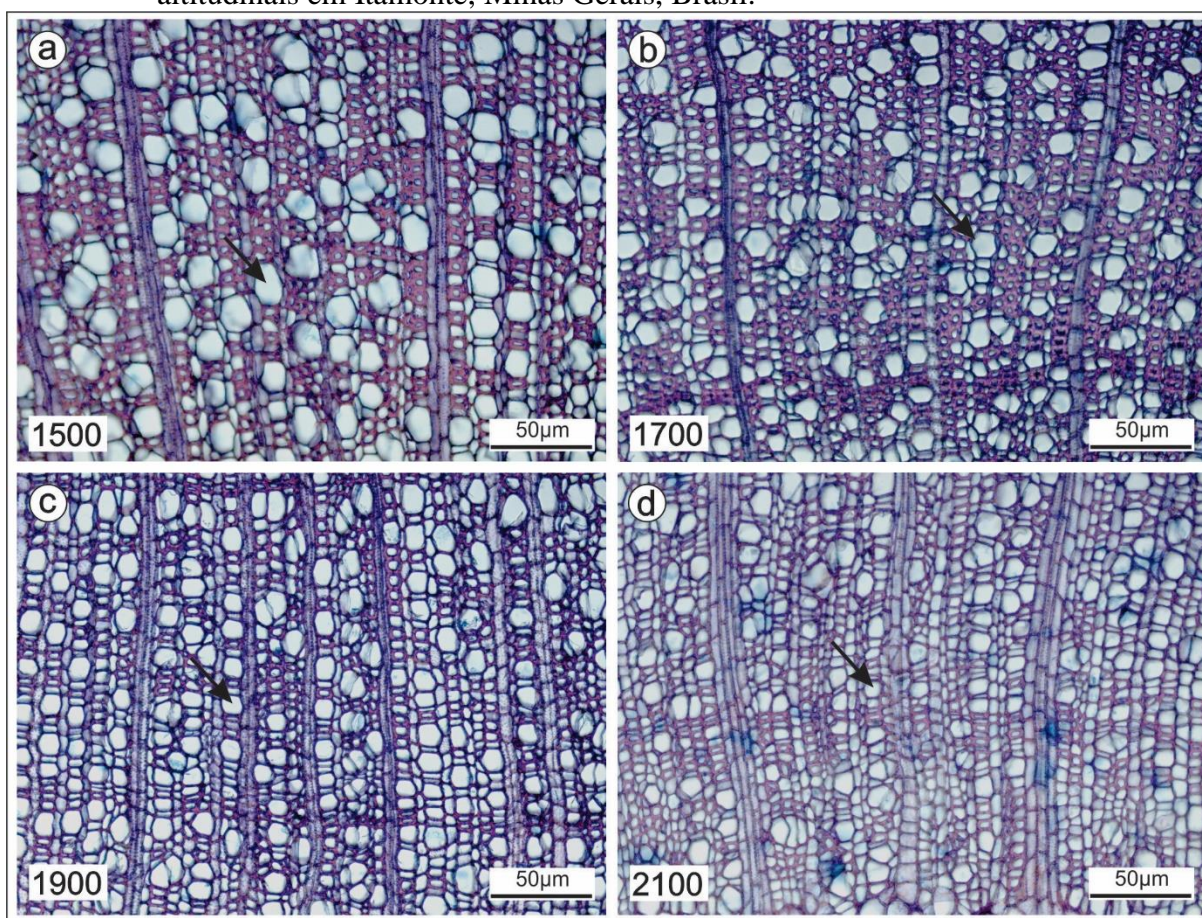
Legenda: **a**- comprimento dos elementos de vasos; **b**- diâmetro tangencial do vaso; **c**- índice de vulnerabilidade; **d** - índice de mesomorfia; **e**- comprimento das fibras; **f**- espessura da parede das fibras. Letras similares não diferem significativamente de acordo com o teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

Fonte: Dos autores (2019).

A frequência de vasos/mm² não diferiu entre as cotas altitudinais analisadas ($F_c=2,852$ e $P = 0,0701$), com média de 309,17 vasos/mm². A cota de 1500 apresentou mais vasos

solitários com 94,05%, e menos vasos múltiplos com 5,95%; a de 1700 mostrou 91,15% de vasos solitários e 8,85% múltiplos; a cota de 1900 obteve 89,51% solitários e 10,49% múltiplos; e a de 2100 metros resultou em 86,57% solitários e 13,43% múltiplos (FIGURA 7). Na altitude de 2100m conforme os dados microclimáticos apresentados na Tabela 1 onde o maior valor na umidade relativa do ar foi 87,68%, menor valor na temperatura com 11,80%, assim como, o ponto de orvalho 9,41%.

Figura 7 – Secções transversais dos galhos de *Clethra scabra* Pers. em diferentes cotas altitudinais em Itamonte, Minas Gerais, Brasil.



Legenda: diâmetros dos elementos de vasos – setas em **a**, **b**, **c** e **d**.

Fonte: Dos autores (2019).

4 DISCUSSÃO

A ocorrência de folhas mais espessas em altas altitudes foi observada por vários autores (KÖRNER et al., 1989; KOFIDIS; BOSABALIDIS; MOUSTAKAS, 2007; KOGAMI et al. (2001); KUSTER et al., 2016; SILVA et al., 2010). No entanto, Freitas (2017), Kofidis et al. (2007), Souza (2014), Velázquez-Rosas, Meave e Vízquez-Santana (2002) e no atual

estudo registraram folhas menos espessas em altas altitudes, provavelmente, esse episódio é, indubitavelmente, associado à genética e à pressão ambiental. Para Cavieres e Arroyo (1999), a diferenciação morfológica e reprodutiva (por exemplo, processo de germinação e formação de bancos de sementes) observados em gradientes altitudinais corresponderia à diferenciação ecotípica, apoiada pela baixa probabilidade de troca genética entre populações localizadas em diferentes altitudes devido a atrasos na floração e mudanças nas guildas de polinizadores. Todavia, Hernández-Fuentes, Bravo e Cavieres (2015) afirmam que a diferenciação ecotípica, a nível morfológico, não implica que o mesmo fato aconteceria com os caracteres anatômicos.

Durante os períodos de estiagem as plantas desenvolvem alterações morfológicas específicas como redução da área foliar e folhas com cutículas grossas e densas pubescências (FAHN; CUTLER, 1992). Por outro lado, plantas que ocorrem em altas altitudes não sofrem deficiência hídrica nos meses de verão; no entanto, têm que enfrentar as condições desfavoráveis de inverno com baixas temperaturas acompanhadas de alta irradiância (KOFIDIS; BOSABALIDIS; MOUSTAKAS, 2007).

Em altitudes mais elevadas (2100 m), onde há maior influência das nuvens e conforme os dados microclimáticos para a área houve o registro dos maiores valores na quantidade de neblina e na umidade do ar e menor temperatura. Nessa cota altitudinal, a cutícula adaxial e a epiderme abaxial de *C. scabra* tenderam a ser mais finas, a fim de, aumentarem a absorção de água em forma de vapor. Porém, provavelmente, devido à maior radiação, a epiderme adaxial tende a ser mais espessa em altitudes mais altas. Boaneres et al. (2018) declaram que a capacidade das folhas de absorver a água em forma de neblina pode contribuir positivamente para o balanço hídrico e de carbono em ecossistemas montanhosos. Nesse mesmo estudo, esses autores observaram que a difusão de água através da cutícula e tricomas ocorrem em todas as espécies estudadas. Dessa forma, o resultado da espessura da cutícula e espessura da epiderme abaxial pode ter relação com a absorção de água em forma de neblina, uma vez que, uma cutícula e epiderme mais fina podem facilitar a absorção. Cruz (2014) encontrou resultado semelhante para a espessura da cutícula, trabalhando com a espécie *Drimys brasiliensis* Miers. Nesse estudo a autora explica que o nevoeiro poderia agir como uma barreira contra a penetração direta de raios solares, o que reduziria a necessidade de proteção realizada por uma cutícula mais espessa.

Em geral, as características anatômicas dos galhos analisados para *C. scabra* apresentaram caracteres primitivos descritos para a família Clethraceae como: elementos de vaso longos, com diâmetro tangencial pequeno e em sua maioria solitários, placas de perfuração escalariforme apresentando espessamento da parede do tipo helicoidal, pontoações

intervasculares alternadas e presenças de fibrotraqueídes (GIEBEL; DICKISON, 1976; METCALFE; CHALK, 1989). Um estudo realizado sobre o papel da anatomia da madeira na reconstrução filogenética de Ericales, incluindo espécies da família Clethraceae, menciona que vasos com placa de perfuração escalariforme, apesar de serem menos eficientes na condução hídrica, aliados com outras características como vasos estreitos e com alta frequência por unidade de área (100 a 200 vasos/ mm²) são menos vulneráveis à embolia, sendo mais seguro no sistema de transporte de água (LENS et al., 2007).

Quanto aos dados anatômicos quantitativos analisados entre as cotas altitudinais, observou-se uma diminuição significativa com o aumento da altitude tanto no comprimento quanto no diâmetro tangencial dos elementos de vasos. Cosmo (2012) relata que vasos mais curtos e mais estreitos proporcionam uma maior segurança na condução hídrica, sendo menos susceptíveis à formação de bolhas de ar. Em contrapartida, a presença de elementos de vaso mais compridos e mais largos, nos indivíduos localizados na menor altitude (1500 m), implica uma maior eficiência no fluxo de água, porém se tornam mais vulneráveis. Essa ocorrência pode ser explicada devido às altas pressões negativas dentro dos vasos, aumentando o risco de embolismo, bloqueando assim o sistema de condução na planta (BARAJAS-MORALES, 1985; CARLQUIST, 1977). Desse ponto de vista, a segurança na condução hídrica se mostra como um valor adaptativo dos elementos de vaso localizados em maiores altitudes e a maior eficiência na condução, em altitudes menores (CARLQUIST, 2001; ZIMMERMANN; BROWN, 1971; ZIMMERMANN, 1983).

Em relação à frequência, a maior porcentagem de vasos solitários foi encontrada nos indivíduos coletados na altitude de 1500 m e diminui significativamente até a altitude de 2100 m. Opostamente, houve um aumento no número de vasos múltiplos nas cotas de 1900 e 2100 m, tornando-os mais seguros em termos de condutividade. De acordo com Carlquist e Hoekman (1985); Fahn, Werker e Baas (1986) existe uma tendência a um maior agrupamento de vasos em ambientes com maior altitude, devido à menor disponibilidade hídrica. Carlquist (2001) relata, ainda, que vasos múltiplos conferem maior segurança no fluxo hídrico, sendo que, em caso de embolia, o agrupamento de vasos possibilita a continuidade na condução de água dos galhos para as folhas. Wheeler, Baas e Rodgers (2007) relacionam o diâmetro e a frequência dos vasos ao longo do gradiente de altitude, onde vasos mais compridos e menos frequentes estão associados a locais mais baixos, enquanto que vasos de menor diâmetro e mais frequentes são encontrados em maiores altitudes.

Os índices de vulnerabilidade de Carlquist e de mesomorfia foram significativamente maiores na altitude menor (1500 m) e menor na maior altitude (2100 m). Esses índices

retratam a relação dos elementos de vaso com o ambiente, sendo que, valores mais baixos proporcionam uma maior segurança no transporte de água e menor suscetibilidade à cavitação. O fato de os valores desses índices serem mais baixos em altitudes maiores é devido à presença de elementos de vasos curtos, com pequeno diâmetro e mais numerosos (CARLQUIST, 1985). No estudo realizado por Van Der Graaf e Baas (1974), os autores observaram que com o aumento da altitude ocorre uma diminuição dos elementos de vasos, concomitante com o aumento da frequência dos vasos e expansão dos espessamentos helicoidais das paredes dos vasos.

Com relação às fibras, observou-se que os comprimentos diminuíram da menor altitude (1500 m) para a maior altitude (2100 m). A espessura da parede das fibras aumentou significativamente inversamente proporcional à altitude, demonstrando que o aumento da altitude implica no comprimento das fibras. No estudo realizado por Denardi e Marchiori (2005) com a espécie *Blepharocalix salicifolius* (HBK) Berg. foi encontrado fibras mais curtas em locais de menor altitude. Já nas espécies *Cinnamomum amoenum* (Nees) Kosterm., *Ilex microdonta* Reissek, *Prunus myrtifolia* (L.) Urb. e *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand foram observadas a presença de fibras maiores em locais de maiores altitudes (KNISS, 2016). Essa divergência de dados com relação ao comprimento das fibras é reportada por Lima, Oliveira e Rodrigues (2009), os quais explicam que o estudo dessa variável apresenta dificuldades em constituir tendências ecológicas, devido às variações genéticas e fenotípicas ocorridas no lenho dos galhos como: idade, solo e lenho de tração.

Na espessura da parede das fibras neste estudo, verificou-se que paredes mais finas foram mais frequentes em baixas altitudes, enquanto que os maiores valores foram encontrados em altitudes maiores. Estudos propõem que em regiões montanhosas, fibras com paredes mais espessas suportam maiores esforços, tornando-as mais resistentes (LONGUI et al., 2012). O mesmo padrão foi encontrado na espécie *M. euosma* com maior espessura de parede no local na maior altitude (KNISS, 2016).

5 CONCLUSÃO

Conforme estudo realizado sobre a espécie *C. scabra*, as folhas apresentaram modificações anatômicas como espessamentos das epidermes adaxial e abaxial conforme as condições ambientais no gradiente altitudinal; na altitude mais elevada a cutícula adaxial e a epiderme abaxial de *C. scabra* se apresentaram mais finas; o aumento da altitude implica no comprimento das fibras e em paredes mais espessas; os vasos solitários apresentaram maior

porcentagem na menor altitude e diminuindo significativamente até a mais alta altitude, e os vasos múltiplos aumentaram o número nas duas maiores altitudes; os índices de vulnerabilidade e de mesomorfia apresentaram menores valores nas altitudes nas duas maiores altitudes; as fibras demonstraram que o aumento da altitude implica nos seus comprimentos; e as fibras com paredes mais finas, ocorreram mais frequentes em baixas altitudes e mais espessas em altitudes maiores. Desta forma, pode-se inferir que folhas e galhos da espécie *C. scabra* apresentam modificações anatômicas ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Particular do Patrimônio Nacional-RPPN em Itamonte, MG.

REFERÊNCIAS

BAAS, P. The anatomy of *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, Leiden, v. 21, n. 2, p. 193-260, 1973.

BARAJAS-MORALES, J. Wood structural difference between trees of the tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin**, Beijing, v. 6, n. 4, p. 355-364, 1985.

BOANARES, D. et al. Strategies of leaf water uptake based on anatomical traits. **Plant Biology**, San Jose, v. 20, n. 5, p. 848-856, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomás: Mata Atlântica**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomás/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 08 jan. 2019.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Deliberação CONABIO n.º 57**, de 28 de outubro de 2008. Dispõe sobre a criação da Câmara Técnica Temporária sobre Ecossistemas de Montanha. Brasília, 2008. 3 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n.º 51, de 03 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 4 fev. 2009. Seção I, p. 123.

BRUIJNZEEL, L. A.; SCATENA, F. N.; HAMILTON, L. S. **Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 768 p.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. Brasília: MMA/SBF, 2010. 96 p. (Série Biodiversidade, 35).

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 64, n. 7, p. 887-896, 1977.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary**. New York: Springer, 2001. 418 p.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bulletin**, Beijing, v. 6, n. 4, p. 319-347, 1985.

CARLQUIST, S.; SCHNEIDER, E. K. Perforation plate pit membrane remnants and other vessel details of Clethraceae: primitive features in wood of Ericales. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 165, n. 3, p. 369–375, 2004.

CAVIERES, L. A.; ARROYO, M. T. K. Tasa de enfriamiento adiabático del aire en el valle del río Molina, Provincia de Santiago, Chile central (33°S). **Revista Geográfica de Chile Terra Australis**, Santiago, v. 44, p. 79-86, 1999.

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Hotspots Revisitados: As Regiões mais Ricas e Ameaçadas do Planeta**. 2018. Disponível em: <<https://www.conservation.org/global/brasil/publicacoes/Documents/HotspotsRevisitados.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

COSMO, N. L. **Ecologia do lenho de 19 espécies nativas do estado do Paraná**. 2012. 55 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CRUZ, B. P. da. et al. Comparison of leaf anatomy and essential oils from *Drimys brasiliensis* Miens in a montane cloud forest in Itamonte, MG, Brazil. **Botanical Studies**, v. 55, n. 1, p. 41-54. 2014.

DENARDI, L.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (HBK) Berg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 119-127, 2005.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para a conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversita, 2005. 222 p.

FAHN, A.; WERKER, E.; BAAS, P. **Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions**. Jerusalem: The Israel Academy of Sciences and Humanities, 1986. 221 p.

FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes**. Belin: Gerbüder Borntraeger, 1992. 176 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood- resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, London, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.

FREITAS, B. S. M. de. **Anatomia foliar e trocas gasosas de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira - MG**. 2017. 40 p. Dissertação (Mestrado em Botânica Botânica Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2016-2017**. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2018. 63 p. (Relatório Técnico).

GIEBEL, K. P.; DICKISON, W. C. Wood anatomy of Clethraceae. **Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**, Raleigh, v. 91, p. 17-26, 1976.

GUIMARÃES, E. F.; MEDEIROS, E. S.; ROMÃO, G. O. Clethraceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB88>>. Acesso em 03 fev. 2019.

HERNÁNDEZ-FUENTES, C.; BRAVO, L. A.; CAVIERES, L. A. Conductancia hidráulica foliar y vulnerabilidad a la cavitación disminuyen con la altitud en *Phacelia secunda* JF Gmel. (Boraginaceae). **Gayana. Botánica**, Concepción, v. 72, n. 1, p. 84-93, 2015.

IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Beijing, v. 10, n. 3, p. 220-332, 1989.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas temáticos**. 2015. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html>>. Acesso em: 02 mai. 2019.

KÖRNER, C. et al. Functional Morphology of Mountain Plants. **Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Lunda, v. 182, n. 5-6, p. 353-383, 1989.

KNISS, D. D. C. **Anatomia comparada do lenho de espécies arbóreas em gradientes altitudinais de Floresta Ombrófila Mista**. 2016. 139 p. Dissertação (Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A. M.; MOUSTAKAS, M. Combined effects of altitude and season on leaf characteristics of *Clinopodium vulgare* L. (Labiatae). **Environmental and Experimental Botany**, New York, v. 60, n. 1, p. 69-76, 2007.

KOGAMI, H. et al. CO₂ transfer conductance, leaf structure and carbon isotope composition of *Polygonum cuspidatum* leaves from low and high altitudes. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 24, n. 5, p. 529-538, 2001.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.

KUSTER, V. C., CASTRO, S. A. B. de; VALE, F. H. A. Photosynthetic and anatomical responses of three plant species at two altitudinal levels in the Neotropical savannah. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 64, n. 8, p. 696-703, 2016.

LENS, F. et al. The role of wood anatomy in phylogeny reconstruction of Ericales. **Cladistics**, New York, v. 23, n. 3, p. 229-254, 2007.

LIMA, R. S. de; OLIVEIRA, P. L.; RODRIGUES, L. R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, p. 361-374, 2009.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

- LONGUI, E. L. et al. Root-branch anatomical investigation of *Eriotheca gracilipes* young trees: a biomechanical and ecological approach. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 23-33, 2012.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons**: wood structure and conclusion of the general introduction. 2nd ed. Oxford: Clarendon, 1989. 297 p.
- MINAS GERAIS. **Apa Serra da Mantiqueira**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2177-apa-da-serra-da-mantiqueira>>. Acesso em: 02 out. 2018.
- MONTGOMERY, D. **The analysis of variance**. Design and Analysis of Experiments. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- MYERS et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NOGUEIRA, A. B. D.; VIEIRA, L. T. A. **Usos das espécies vegetais que ocorrem no centro de ecologia médica florescer na mata, Cotia, São Paulo, SP**. 2015. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas e da Saúde) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.
- O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, New York, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1965.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. de.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, M. de. Composição florística e estrutura comunitária e um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. 1994. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n. 2, p. 167-182, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Hoboken, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.
- PEREIRA, T. S. et al. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **IHERINGIA**, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.
- PIO-CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura; Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1974.
- SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, C. R. A. da. et al. Influência da altitude na plasticidade foliar de *Clusia obdeltifolia* Bittrichi (Clusiaceae). **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 23, n. 1, p. 29-48, 2010.

SHAPIRO; S. S.; WILK, M. B. Analysis of variance test for normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, pp. 591-611, Dec. 1965.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da Mata atlântica**. 2019. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em 18 abr. 2019.

SOUZA, K. F. de. **Comparação da anatomia foliar de *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult. e *Myrsine umbellata* Mart. em diferentes cotas altitudinais**. 2014. 50 p. Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2014.

VAN DER GRAFF, N. A.; BAAS, P. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. **Blumea - Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 101-121, 1974.

VELÍZQUEZ-ROSAS, N.; MEAVE, J.; VÍZQUEZ-SANTANA, S. Elevational Variation of Leaf Traits in Montane Rain Forest Tree Species at La Chinantla, Southern México. **Biotropica**, v. 34, n. 4, p. 534-546, 2002.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123 p.

WENNERBERG, S. **Plant Guide**. Louisiana: USDA; NRCS, 2004. Disponível em: <<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/plantmaterials/home/>>. Acesso: 12 dez. 2018.

WHEELER, E.A.; BAAS, P.; RODGERS, S. Variations in dicot wood anatomy: a global analysis based on the inside wood data base. **IAWA Journal**, Beijing, v. 28, p. 229-259, 2007.

WINCKLER, M. V. et al. Índice de eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas - floresta ombrófila mista montana/Paraná. Index of efficiency of macronutrients in tree species in a mixed araucaria forest/Paraná State. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 321-332, 2006.

ZHANG, H. et al. 2014. Variations in Stable Carbon Isotope Composition and Leaf Traits of *Picea schrenkiana* var. *tianschanica* along an Altitude Gradient in Tianshan Mountains, Northwest China. **The Scientific World Journal**, London, v. 2014, ID 243159, p. 1-10, 2014.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees: structure and function**. New York: Springer-Verlag, 1971. 336 p.

ZIMMERMANN, M. H. **Xylem structure and the ascent of sap**. Berlin: Springer Verlag, 1983. 279 p.