
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)

ANATOMIA ECOLÓGICA DO XILEMA DE *Astronium fraxinifolium* SCHOTT
(ANACARDIACEAE) QUE OCORRE SIMULTANEAMENTE EM ÁREAS COM
SOLO DEGRADADO E NÃO DEGRADADO

RICARDO DE ALMEIDA GONÇALVES

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Março - 2017

RICARDO DE ALMEIDA GONÇALVES

**ANATOMIA ECOLÓGICA DO XILEMA DE *Astronium fraxinifolium* SCHOTT
(ANACARDIACEAE) QUE OCORRE SIMULTANEAMENTE EM ÁREAS COM
SOLO DEGRADADO E NÃO DEGRADADO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientadora: Profa. Dra. Aline Redondo Martins

RIO CLARO

2017

581.4 Gonçalves, Ricardo de Almeida
G635a Anatomia ecológica do xilema de *Astronium*
 fraxinifolium Schott (Anacardiaceae) que ocorre
 simultaneamente em áreas com solo degradado e não
 degradado / Ricardo de Almeida Gonçalves. - Rio Claro, 2017
 78 f. : il., figs., tabs.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
 Instituto de Biociências de Rio Claro
 Orientador: Aline Redondo Martins

 1. Anatomia vegetal. 2. Anatomia da madeira. 3.
 Densidade da madeira. 4. Química da madeira. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Anatomia ecológica do xilema de *Astronium fraxinifolium* schott (anacardiaceae) que ocorre simultaneamente em áreas com solo degradado e não degradado

AUTOR: RICARDO DE ALMEIDA GONÇALVES

ORIENTADORA: ALINE REDONDO MARTINS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ALINE REDONDO MARTINS

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - SP



Prof. Dr. MARIO TOMAZELLO FILHO

Departamento de Ciências Florestais / Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba / SP



Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - SP

Rio Claro, 31 de março de 2017

AGRADECIMENTOS

A secção técnica de pós-graduação da UNESP de Rio Claro, assim como ao Departamento de Botânica, por todo o apoio que me ofereceram durante esses 2 anos.

A Capes (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior), pela bolsa concedida e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo auxílio Universal (456672/2014-1).

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, por ter auxiliado na escolha da espécie e cedido as amostras de madeira da área não impactada.

Ao Prof. Dr. Mario Tomazello Filho e toda a equipe do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, na ESALQ-USP, em especial ao Aparecido Candido Siqueira e a Maria Aparecida R. C. Bermudez o qual o apoio foi fundamental para a realização desse trabalho.

Ao Doutorando José Cambuim, por ajudar na coleta do material e também por ceder parte das amostras de madeira do seu experimento.

Aos técnicos Wilder Jordão, Sidival Antunes de Carvalho e Juarez dos Santos, por terem ajudado no decorrer do projeto e todos os funcionários do Departamento de Biologia e Zootecnia da UNESP de Ilha Solteira.

A minha orientadora Profa. Dra. Aline Redondo Martins, a qual sem a orientação esse trabalho não teria acontecido desde o começo.

A família LEMAV, pela convivência e auxílio ao longo desse mestrado.

A professora Dra. Beatriz Appezzato-da-Glória e a sua equipe pelo auxílio em algumas análises.

Ao meu amigo Dr. Tássio Brito de Oliveira, o qual ajudou imensamente na estatística do trabalho e não deixou eu me perder nos números.

Aos moradores da república estudantil “Poko Loko”, que foram meus companheiros no tempo que passei em Piracicaba.

Aos meus pais e amigos, por me darem o suporte necessário.

Sumário

1. RESUMO	6
2. ABSTRACT	7
3. INTRODUÇÃO GERAL	8
4. JUSTIFICATIVA.....	10
5. OBJETIVOS	10
6. REFERÊNCIAS	11

Capítulo 1 - Comparação da densidade aparente do lenho de árvores de *Astronium*

<i>fraxinifolium</i> provenientes de área impactada e não impactada.....	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 Áreas de estudo	16
2.2 Coleta do material para densitometria e imagens de raios X.....	17
3. RESULTADOS.....	21
3.1 Densitometria e imagens de Raios X.....	21
4. DISCUSSÃO	23
4.1 Solo.....	23
4.2 Densidade da madeira	24
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS	25

Capítulo 2 – Análise comparativa dos constituintes químicos do lenho de indivíduos de *Astronium fraxinifolium* provenientes de ambientes distintos.....

1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 Áreas de estudo e material coletado.....	31
2.2 Análises de solo	32
2.3 Análises químicas.....	32
2.4 Análise de dados.....	33
3. RESULTADOS.....	33
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO	36

6. REFERÊNCIAS	36
----------------------	----

Capítulo 3 - Anatomia comparada do lenho de árvores de *Astronium fraxinifolium*

derivadas de áreas impactada e não impactada	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 Áreas de estudo	41
2.2 Coleta na área impactada	42
2.3 Coleta na área não impactada	42
2.4 Anatomia	42
2.5 Dissociação	43
2.6 Histoquímico	43
2.7 Análise de dados.....	43
3. RESULTADOS.....	44
3.1 Descrição anatômica.....	44
3.2 Análise histoquímico.....	44
3.3 Dados estatísticos	49
4. DISCUSSÃO	53
5. CONCLUSÃO	55
6. REFERÊNCIAS	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
APÊNDICE I.....	62
APÊNDICE II	64

1. RESUMO

Anacardiaceae possui aproximadamente 81 gêneros e 800 espécies, presentes em uma grande variedade de ambientes e climas. *Astronium fraxinifolium* é uma espécie arbórea, dióica encontrada facilmente no cerrado e que produz madeira de excelente qualidade, utilizada na construção civil. As espécies vegetais expressam características em resposta a pressão do meio em que se encontram. Espécies do cerrado podem apresentar características de ambientes xéricos, por exemplo. O presente trabalho teve como objetivo investigar se a densidade, os constituintes químicos estruturais e características anatômicas da madeira de *A. fraxinifolium* são influenciados pelo ambiente, uma vez que foram comparados os dados dos materiais coletados em uma área de solo degradado com os dados da mesma espécie em ambiente não degradado. As amostras de lenho foram submetidas a técnicas usuais de anatomia da madeira, bem como para determinação de sua densidade aparente e também quantificação dos constituintes químicos. As comparações se deram entre as áreas (impactada e não impactada) e entre indivíduos masculinos e femininos. Os resultados mostraram que as plantas crescidas na área impactada tiveram diferenças significativas na densidade aparente do lenho e em características anatômicas. Para a análise dos constituintes, a variação se deu principalmente em relação a posição de cerne-alburno. A espécie mostrou diferenças significativas entre indivíduos masculinos e femininos, em relação a anatomia e a densidade, mas não para os constituintes químicos. Com esses dados, concluímos que a espécie *Astronium fraxinifolium* apresenta comportamento adaptativo ao ambiente, sua madeira não sofre modificações quanto a estrutura química, sendo uma sugestão de espécies para ser utilizada para reflorestamentos no futuro.

Palavras-chave: Xilema, anatomia da madeira, *Astronium fraxinifolium*, densidade da madeira, química da madeira.

2. ABSTRACT

Anacardiaceae has approximately 81 genus and 800 species and it is distributed in a wide variety of environments and climates. *Astronium fraxinifolium* is a tree, dioecious, present in the cerrado and that produces excellent quality wood, used in the civil construction. Plant species express characteristics in response to the environmental pressure that allows their survive. Species of cerrado can present characteristics of xeric environments, for example. The objective of this work was to investigate whether the density, structural chemical constituents and anatomical characteristics of *A. fraxinifolium* wood are influenced by the environment, since the data of the collected materials were compared in a degraded soil area with the same species data in a non-degraded environment. The wood samples were submitted to the usual techniques of wood anatomy, as well as to determine their apparent density and quantification of the chemical constituents. The comparisons were between the areas (impacted and not impacted) and between male and female plants. The results showed that the plants grown in the impacted area had significant differences in the apparent density of the wood and in anatomical characteristics. For the analysis of the constituents, the variation was mainly in relation to the heartwood/sapwood position. The species showed significant differences between male and female individuals, relative to anatomy and density, but not to chemical constituents. With this data, we conclude that *Astronium fraxinifolium* presents an adaptive behavior to the environment but its wood does not undergo changes in the chemical structure, being a suggestion of species that could be used for reforestation in future projects.

Key words: Xilem, wood's anatomy, *Astronium fraxinifolium*, wood's density, wood's chemistry

3. INTRODUÇÃO GERAL

Sapindales, ordem claramente monofilética, apresenta como sinapomorfias folhas pinado – compostas e flores providas de discos nectaríferos evidentes, plantas lenhosas, folhas alternas espiraladas sem estípulas e com flores pequenas. Ordem com 9 famílias e cerca de 5800 espécies (JUDD *et al.*, 2009). A família Anacardiaceae possui aproximadamente 81 gêneros e 800 espécies, encontradas em ambientes secos a úmidos, presente em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, estendendo-se até regiões temperadas (PELL, 2011). Nas Américas existem 32 gêneros nativos, sendo que 77% das espécies são endêmicas do continente americano e apenas alguns gêneros também possuem representantes em outros continentes (TERRAZAS, 1999). Estão catalogados no Brasil 14 gêneros com 57 espécies da família, sendo que 14 delas são restritas ao país (SILVA-LUZ & PIRANI, 2010).

Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.) é uma espécie arbórea, dióica de cerrado que de acordo com a Portaria IBAMA n. 37-N, de 3 de abril de 1992 (IBAMA, 1992), enquadra-se na categoria vulnerável à extinção. Espécie pertencente à família Anacardiaceae, de grande importância econômica, produzindo madeira de excelente qualidade, usada na construção civil (AGUIAR *et. al.*, 2001). Apresenta-se como uma planta decídua, heliófita, pioneira e seletiva xerófila, característica de terrenos rochosos e secos, onde forma agrupamentos descontínuos (LORENZI, 2000). A planta tem ocorrência ampla no cerrado brasileiro e apresenta desenvolvimento rápido no campo; floresce durante os meses de agosto e setembro após queda de suas folhas; produz grande quantidade de sementes facilmente disseminadas pelo vento (LORENZI, 2000).

Área degradada, ou impactada, refere-se a alterações de um ecossistema natural, sendo caracterizada por perdas ou excessos de materiais no ambiente. A recuperação de uma área perturbada pode ser sob ação antrópica ou natural, sendo que nesta última há necessidade de haver fragmentos da vegetação original (MADELLA, 2004). As obras de engenharia e projetos desenvolvimentistas causam o que é conhecido como Área de Empréstimo, nesses locais ocorre a remoção total da camada vegetal do lugar, para a exploração e uso do subsolo (ALVES & SOUZA, 2008). Essas áreas são constituídas por ecossistema degradado, uma vez que tiveram retirado, junto com a camada vegetal, seus meios de auto regeneração. Essas áreas então apresentam uma baixa capacidade de retornar ao estado anterior (CHADA *et. al.*, 2004).

Segundo Glufke, (1999), a recuperação de área degradadas é importante pois recompõe a paisagem, conserva os recursos hídricos, ajuda na fixação da fauna e da flora

nativa, conserva as encostas o que diminui a erosão e acaba prevenindo o assoreamento dos cursos d'água, além de ser exigência da legislação ambiental. Barbosa & Martins (2004), afirmam que para o sucesso de um processo de recuperação deve-se priorizar as espécies locais, pois estas já se encontram adaptadas ao ambiente e garantem a conservação da biodiversidade da região. De acordo com Caldeira Júnior *et al.* (2007) o uso de *A. fraxinifolium*, adubado com lodo de esgoto em um ambiente de cerrado, proporcionou uma mudança no ambiente degradado, favorecendo o aparecimento de gramíneas nativas e plantas herbáceas, o que confirma uma melhoria nas condições do ambiente.

O estresse é um dos fatores ambientais mais importantes que pode regular o crescimento e desenvolvimento (JONES & CORLLET, 1992) e levando a alterações nas características fisiológicas e bioquímicas das plantas (ZOBAYED *et al.*, 2007). Desse modo, a sobrevivência das plantas sob condições estressantes depende em grande extensão da habilidade que as mesmas têm de liberar o estímulo, que gera e transmite o sinal que inicia as várias alterações fisiológicas e bioquímicas (BOHRNETT & JENSEN, 1996). De acordo com Dias *et al.* (2005), as variações na estrutura das folhas estão relacionadas em grande parte, com hábitat, representando uma importante resposta plástica das plantas às condições ambientais.

Ishiguri *et al.* (2009) descrevem que a espessura das paredes das células do lenho está ligada ao aumento da densidade da madeira. Wiemann & Williamson (1988, 1989) e Williamson & Wiemann (2011) também discorrem sobre o aumento na densidade, com sentido radial, relacionado com a idade e com o grupo ecológico que a planta está inserida, uma vez que algumas espécies pioneiras crescem rapidamente em tamanho e isso ocasiona lenhos mais leves e menos densos. Para Lima *et al.* (2009) as plantas respondem ao ambiente expressando características que permitem um melhor estabelecimento no local.

Como descrito por Palermo *et al.* (2003) os fatores externos afetam características da madeira assim como seus valores e usos. Rigatto *et al.* (2004) ao estudarem *Pinus taeda* encontraram que características do solo influenciam as propriedades da madeira, com por exemplo densidade básica e teor dos constituintes. Dias *et al.* (2006) observaram que *Pinus taeda*, com alta taxa de crescimento, tiveram uma menor densidade básica e maior teor de lignina. Quanto menor o teor de lignina maior será o teor de holocelulose (TRUGILHO *et al.*, 1996).

A colonização de ambientes providos de algum estresse está ligada à resistência da planta (BRODRIBB *et al.*, 2012). Em casos de estresse hídrico, muitos níveis de segurança e eficiência são visualizados por conta do xilema, que é capaz de operar em diferentes

potenciais hídricos (CHOAT *et al.*, 2012). Em ambientes secos, a um aumento na pressão negativa de condução o que gera um risco de embolismo no xilema (SPERRY *et al.*, 2002).

As árvores podem apresentar variações no tamanho, frequência e no agrupamento dos vasos, respondendo ao ambiente para garantir a eficiência ou a segurança do fluxo de água (CARLQUIST, 2001). Escolher entre segurança, evitando a cavitação e diminuindo a eficiência, ou eficiência hidráulica com risco de embolismo, se torna de suma importância para a sobrevivência do vegetal (ZIMMERMANN, 1983; HACKE *et al.* 2006).

4. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho visou identificar se o lenho de *Astronium fraxinifolium* Schott. apresenta alterações físicas, químicas e anatômicas após crescimento em solo degradado, utilizando uma abordagem combinada de parâmetros ecofisiológicos, bioquímicos e anatômicos para fornecer informações que ajudam a entender os processos de desenvolvimento de plantas nativas sob condições adversas. Sendo assim estas informações podem fornecer subsídios que contribuem na criação de modelos de recuperação de áreas degradadas.

5. OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivos principais:

- Determinar a densidade aparente de *Astronium fraxinifolium* Schott. e relacionar quanto ao ambiente que as árvores se encontra, bem como se há diferenças entre os indivíduos femininos e masculinos;
- Quantificar os constituintes estruturais do lenho da espécie e comparar entre áreas de estudo e entre indivíduos masculinos e femininos;
- Avaliar se há diferenças anatômicas no xilema secundário de Gonçalves-Alves, comparando entre área impactada e não impactada, e verificando se existem diferenças anatômicas entre as células do xilema de indivíduos femininos e masculinos.

6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.V; BORTOLOZO, F.R.; MORAES, M.L.T.; AS, M.E. Determinação de parâmetros genéticos em população de Gonçalves-Alves (*Astronium fraxinifolium*) através das características fisiológicas da semente. **Scientia Florestalis**, n. 60, p. 89-97, 2001.
- ALVES, M.C. & SOUZA, Z.M. Recuperação de áreas degradadas por construção de hidroelétricas com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2505 – 2516, 2008.
- BARBOSA, L.M. & MARTINS, S.E. Bases técnicas e científicas para seleção de espécies adequadas ao reflorestamento heterogêneo em São Paulo. Disponível em <<http://www.adaltech.com.br/>>, 2004. Acesso em: 10/04/2015.
- BOHRNETT, H. J. & JENSEN, R. G. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 14, p. 89-97, 1996.
- BRODRIBB, T.J.; PITTERMANN, J.; COOMES, D.A. Elegance versus speed: examining the competition between conifer and angiosperm trees. **Int. J. Plant Sci.**, v. 173, p. 673–694, 2012.
- CALDEIRA JÚNIOR, C.F.; SOUZA, R.A.; MARTINS, E.R.; SAMPAIO, R.A. Capacidade de recuperação de área degradada pelo Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) sob adubação com lodo de esgoto e silicato. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n°1, p. 480 – 482, 2007.
- CHADA, S.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v.28, p. 801 – 809, 2004
- CHOAT, B.; JANSEN, S.; BRODRIBB, T.J.; COCHARD, H.; DELZON, S.; BHASKAR, R.; BUCCI, S.J.; FIELD, T.S.; GLEASON, S.M.; HACKE, U.G.; JACOBSEN, A.L.; LENS, F.; MAHERALI, H.; MARTINEZ-VILALTA, J.; MAYR, S.; MENCUCCINI, M.; MITCHELL, P.J.; NARDINI, A.; PITTERMANN, J.; PRATT, R.B.; SPERRY, J.S.; WESTOBY, M.; WRIGHT, I.J.; ZANNE, A.E. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. **Nature**, v. 491, p. 752–755, 2012.
- CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledons wood. **Spring Verlag**, Berlin, 2ed., 2001.
- DIAS, P. C.; ARAÚJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K. de; POMPELLI, M. F.; BATISTA, K. D.; CATEN, T. A.; VENTRELLA, M. C.; DaMATTa, F. M. Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4, 2005, Londrina, PR. **Resumos expandidos**. Brasília, DF, 2005.
- DIAS, H.C.T.; PINHEIRO, J.A.C.; VILAR, M.B.; COSTA, A.A.; RAMOS, J.G.A.; CAIAFA, K.F.; SOUZA, F.C. Cuidados ambientais e a qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 99, 2006.
- GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre: FZB. Jardim Botânico, 1999, 48 p.

HACKE, U.G.; SPERRY, J.S.; WHEELER, J.K.; CASTRO, L. Scaling of angiosperm xylem structure with safety and efficiency. **Tree Physiol**, v. 26, p. 689-701, 2006.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Portaria IBAMA, nº 37-N, de 3 de abril de 1992. Reconhece como lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/179/arquivos/179_05122008033627.pdf>. Acesso em: 10/04/2015.

ISHIGURI, F.; HIRAIWA, T.; IIZUKA, K.; YOKOTA, S.; PRIADI, D.; SUMIASRI, N.; YOSHIKAWA, N. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.

JONES, H. G. & CORLETT, J. E. Current topics in drought physiology. **Journal of Agricultural Science**, Zemun, v. 119, p. 291-296, 1992.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

LIMA, R.S.; OLIVEIRA, P.L.; RODRIGUES, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae – Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 2, p. 361 – 374, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum: Nova Odessa – SP, v. 1, p. 21, 2008.

MADELLA, C.R. **Recuperação de áreas degradadas**. <<http://www.institutopaubrasil.org.br/>> 2004. Acesso em: 10/04/2015.

PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; REZENDE, M.A.; NASCIMENTO, A; M;; SEVERO, E.T.D.; ABREU, H.S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meios de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 47-57, 2003.

PELL, S.K., MITCHELL, J. D., MILLER, A.J. & LOBOVA, T. A. Anacardiaceae. In K. KUBITZKI (ed.) **The families and genera of vascular plants X Flowering plants: Eudicots**. Sapindales, Cucurbitales, Myrtales. Berlin: Springer, p. 7-50, 2011.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influence of soil attributes on quality of *Pinus taeda* wood for cellulose Kraft production. **Revista Árvore**, Viçosa -MG, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

SILVA-LUZ, C.L. & PIRANI, J. R. Anacardiaceae. In R. C. Forzza et al. (org.) **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 1, p. 599-602, 2010.

SPERRY, J.S.; HACKE, U.G.; OREN, R.; COMSTOCK, J.P. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 251-263, 2002.

TERRAZAS, T. Anatomía de la madera de Anacardiaceae con énfasis en los géneros americanos. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, v.64, p. 103-109, 1999.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.

WIEMANN, M.C. & WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific-gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p. 344-349, 1988.

WIEMANN, M.C. & WILLIAMSON, G.B. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. *Forest Science*, v. 35, p. 197-210, 1989.

WILLIAMSON, G.B. & WIEMANN, M.C. **Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics**. **Trees**, v. 25, n. 1, p. 585-591, 2011.

ZIMMERMANN, M.H. **Xylem structure and the ascent of sap**. 1 ed. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1983, 146p.

ZOBAYED, S.M.A.; AFREEN, F.; KOZAI, T. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St John's wort plants under a water stress condition. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 59, p. 109-116, 2007.

Capítulo 1 - Comparação da densidade aparente do lenho de árvores de *Astronium fraxinifolium* provenientes de área impactada e não impactada.

Autores: Ricardo de Almeida Gonçalves, Mario Tomazello Filho, Mario Luiz Teixeira de Moraes, José Cambuim, Aline Redondo Martins.

O artigo será submetido para a revista: Trees (I.F. 1,706)

1. INTRODUÇÃO

Densidade da madeira é uma das características mais importantes para a avaliação de qualidade da madeira já que está relacionada com as propriedades anatômicas (MIRANDA *et al.*, 2001). O dado de densidade representa a quantidade de parede celular em um volume conhecido de madeira, ou seja, a massa do material por unidade de volume, estando relacionado com dureza e resistência mecânica da madeira (AMARAL, 1994). A densidade, assim como as características anatômicas da madeira, varia entre gêneros, espécies, entre indivíduos da mesma espécie, entre partes de um indivíduo e até mesmo no sentido do caule (base-topo ou medula-casca) (SILVA *et al.*, 2004).

São descritos três modelos de variação longitudinal para a densidade básica da madeira (i) densidade decrescente com a altura, (ii) densidade decresce até certa altura e depois se torna crescente até o topo da árvore e (iii) a densidade é crescente desde a base até o topo da árvore, não apresentando um padrão uniforme de variação (PANSIN & ZEEUW, 1970). A idade do câmbio vascular é um dos fatores responsáveis pela variação das dimensões celulares do lenho, no sentido medula casca e da base ao topo da árvore (TSOUMIS, 1991).

Polge (1963) foi o pioneiro na utilização de raios-X para a observação dos anéis de crescimento das árvores, a partir da microdensidade da madeira. O comportamento densitométrico das amostras de lenho é caracterizado pela formação do anel de crescimento apresentando os valores de densidade máxima, média e mínima, podendo assim se distinguir os anos correspondente a cada anel, na amostra (POLGE, 1966). Tazrout *et al.* (2012), analisando a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae), encontraram correspondência entre o perfil de densidade aparente e o limite dos anéis de crescimento da espécie.

Silva *et al.* (2004), avaliando a variação da densidade aparente, usando raios-X, do lenho de *Eucalyptus grandis* com diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos) e diferentes posições radiais verificaram uma tendência do aumento da densidade em relação a idade do indivíduo e a posição radial. Chagas *et al.* (2005) analisaram a densidade aparente do lenho de *E. grandis* x *E. urophylla* e indicaram que os valores aumentavam em direção a casca. De acordo com Serpa *et al.* (2003) e de Ballarini & Palma (2003) a variação de densidade entre a medula e a casca se dá pelo fato de que nos anos iniciais a árvore produz lenho juvenil e com o passar do tempo há uma homogeneização da madeira, passando a produzir lenho adulto.

Ishiguri *et al.* (2009) verificaram que o aumento na espessura das paredes celulares está relacionado com o aumento da densidade da madeira como observado para *Paraserianthes falcataria* (Fabaceae). Santos *et al.* (2011), analisando o lenho de *Astronium*

graveolens encontraram um aumento radial da densidade e uma forte correlação entre esse aumento e o comprimento e a espessura da parede da fibra. Wiemann & Williamson (1988, 1989) e Williamson & Wiemann (2011) corroboram com o estudo anterior (SANTOS *et al.*, 2011) afirmando que o aumento na densidade, com sentido radial, está relacionado com a idade e com o grupo ecológico que a planta está inserida, uma vez que algumas espécies ditas como pioneiras crescem rapidamente em tamanho e isso ocasiona lenhos mais leves e menos densos. Lima *et al.* (2011), ao estudarem a densidade de *Balfourodendron riedelianum* (Rutaceae), afirmam que a procedência das árvores influencia nessa característica física.

No presente capítulo será apresentada as análises de densidade aparente da madeira de *Astronium fraxinifolium* (Anacardiaceae) comparando os valores entre as áreas do estudo e entre árvores masculinas e femininas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

Área impactada, no presente trabalho, está relacionada à área de empréstimo de solo. Nesse local, na década de 60 (Figura 1A), uma camada com cerca de 8 metros de perfil de solo foi retirada para aterramento e construção da usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, fazendo com que em 1969 o subsolo da área já estivesse exposto (ALVES & SOUZA, 2008). Nesse local a espécie é encontrada de forma natural, mostrando uma revegetação espontânea.

Para as análises físicas do solo das áreas foram coletadas 20 amostras indeformadas, sendo 10 de cada área, onde cinco foram obtidas na camada da superfície (zero centímetros) a 20cm de profundidade, e outras cinco na camada de 20 à 40cm. Tais análises foram realizadas pelo Laboratório de Física do Solo da Unesp de Ilha Solteira. Para as análises químicas do solo, também foram coletadas 20 amostras compostas e tais análises foram realizadas pelo Laboratório de Fertilidade de Solo da Unesp de Ilha Solteira.

Como resultado da análise de solo a área degradada revelou densidade igual à 1,71 kg/dm³ e porosidade total baixa (0,335 m³m⁻³), caracterizando o local com solo altamente compactado. Em características químicas o solo da área mostrou-se ácido (pH = 4,4), com pouca matéria orgânica (12,5 g/dm³) e uma baixa capacidade de troca catiônica (CTC = 30,9 mmolc/dm³), sendo considerado um solo pobre e degradado.

A área não impactada refere-se a uma plantação silvicultural experimental, iniciado no ano de 1994, onde há um consorcio de três espécies (*Myracrodruon urundeuva*, *Astronium fraxinifolium*, *Terminalia argentea*). O local era utilizado como área experimental de

produção vegetal, para culturas diversas, logo o solo já apresentava características que propiciavam o crescimento das espécies. As análises do solo dessa área mostraram uma densidade de $1,36 \text{ kg/dm}^3$ e uma porosidade total igual à $0,477 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, mostrando uma leve compactação. Um solo ácido ($\text{pH} = 4,1$) com mais matéria orgânica que a área impactada (19 g/dm^3) e consequentemente uma maior CTC ($67,2 \text{ mmolc/dm}^3$), sendo assim um solo que apresenta melhores recursos para o estabelecimento de espécies.

As áreas do estudo são localizadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE pertencente a Universidade Estadual Paulista – UNESP de Ilha Solteira. A fazenda está localizada no município de Selvíria – MS (Figura 1B). A FEPE apresenta duas sedes, uma conhecida como “FEPE – Bovinos” onde está localizada a área impactada (Figura 1C); e outra conhecida como “FEPE – Cerrado” onde está a área não impactada (Figura 1D). Em cada área foram amostrados 28 indivíduos, entre árvores masculinos e femininas; totalizando 56 (Apêndice 1). A espécie foi identificada pela Profa. Dra. Andréia Alves Rezende, curadora do Herbário de Ilha Solteira. As exsicatas dos materiais coletados foram incorporadas à coleção do Herbário de Ilha Solteira – HISA, sendo os números HISA 10299 e HISA 10300 para a árvore feminina da área não impactada; HISA 10301 e HISA 10302 para árvores masculinas da área não impactada; HISA 10303 para árvore feminina da área impactada e HISA 10304 e HISA 10305 para árvore masculina da área impactada.

2.2 Coleta do material para densitometria e imagens de raios X

Foi realizada coleta não destrutiva, seguindo Cury *et al.* (2001), do lenho dos indivíduos da área impactada, para que não houvesse corte de tais árvores que estão em regeneração natural. Essas amostras foram retiradas com auxílio de sonda metálica acoplada a um motor a gasolina modelo Stihl® BT45 com $0,8 \text{ kW}$. O equipamento foi emprestado pelo Laboratório de Dendrocronologia e Anatomia da Madeira da ESALQ – USP. Depois de retirada a amostra do lenho, o espaço deixado foi fechado com cilindro de madeira embebido em solução de Sulfato de Cobre para evitar a proliferação de organismos xilófagos.

Na área não impactada a coleta das árvores foi realizada de forma destrutiva (Figura 2A), ou seja, as árvores foram derrubadas e um disco foi obtido na altura do DAP (Figura 2B). A área não impactada é uma plantação silvicultural, no qual existe um experimento em andamento e estava programada a remoção de algumas árvores, as quais foram utilizadas nesse estudo.

Depois de coletadas, as amostras foram secas em temperatura ambiente para evitar possíveis rachaduras.

As amostras da área impactada (não destrutiva), foram fixadas em um suporte de madeira e seccionadas, com aproximadamente 2,0 mm de espessura, em sua secção transversal, em equipamento de dupla serra transversal (Figura 2C) (FERREIRA & TOMAZELLO FILHO, 2009). Os discos da área não impactada (amostras destrutivas) o diâmetro foi marcado evitando lenhos de reação (Figura 2B). Com as marcações feitas, os discos foram cortados separando a porção central. O fragmento separado foi então colado em suporte de madeira e também seccionado em serra transversal dupla, com espessura de aproximadamente 2,0 mm, seguindo Moya & Tomazello-filho (2009).

Após a separação, as amostras foram acondicionadas em câmara de climatização, com umidade à 65% e a temperatura controlada em 20° por período mínimo de 12 horas, o que garantiu que as amostras atingissem a umidade de equilíbrio (AMARAL & TOMAZELLO FILHO, 1998).

A densidade aparente das amostras foi determinada pelo aparelho de densitometria de raios – X (QTRS – 01X Tree Ring Analyzer) em todo o diâmetro das mesmas, a cada 0,08 mm. A amostra foi encaixada em suporte metálico e então transferida para o interior do equipamento. Os valores de raio – X, que passaram pela amostra, foram transformados em valores de densidade aparente pelo software QMS. Além de densidade aparente também foi determinada densidade máxima aparente e densidade mínima aparente (QMS, 1999).

Para uma visualização do interior das amostras de lenho foi registrado uma imagem usando técnica de raio – X digital. As amostras foram colocadas sozinhas na câmara do equipamento Faxitron X- ray, MX20 – DC12, com tempo de exposição de 19s à 30 kv (FERREIRA, 2013 - modificado).



Figura 1: Imagens das áreas de estudo. **A** – Foto aérea mostrando as duas áreas de estudo antes da retirada e solo e construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (*Fonte: imagem cedida pelo Prof. Dr. Hélio Ricardo Silva*). **B** – Imagem de satélite englobando as duas áreas de estudo após a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. **C** – Imagem de satélite da área impactada (área de empréstimo de solo) com as árvores do estudo referenciadas. **D** – Imagem de satélite da área não impactada (consórcio silvicultural) evidenciando as árvores do estudo. (*Fonte das imagens B, C e D: Google Earth*).

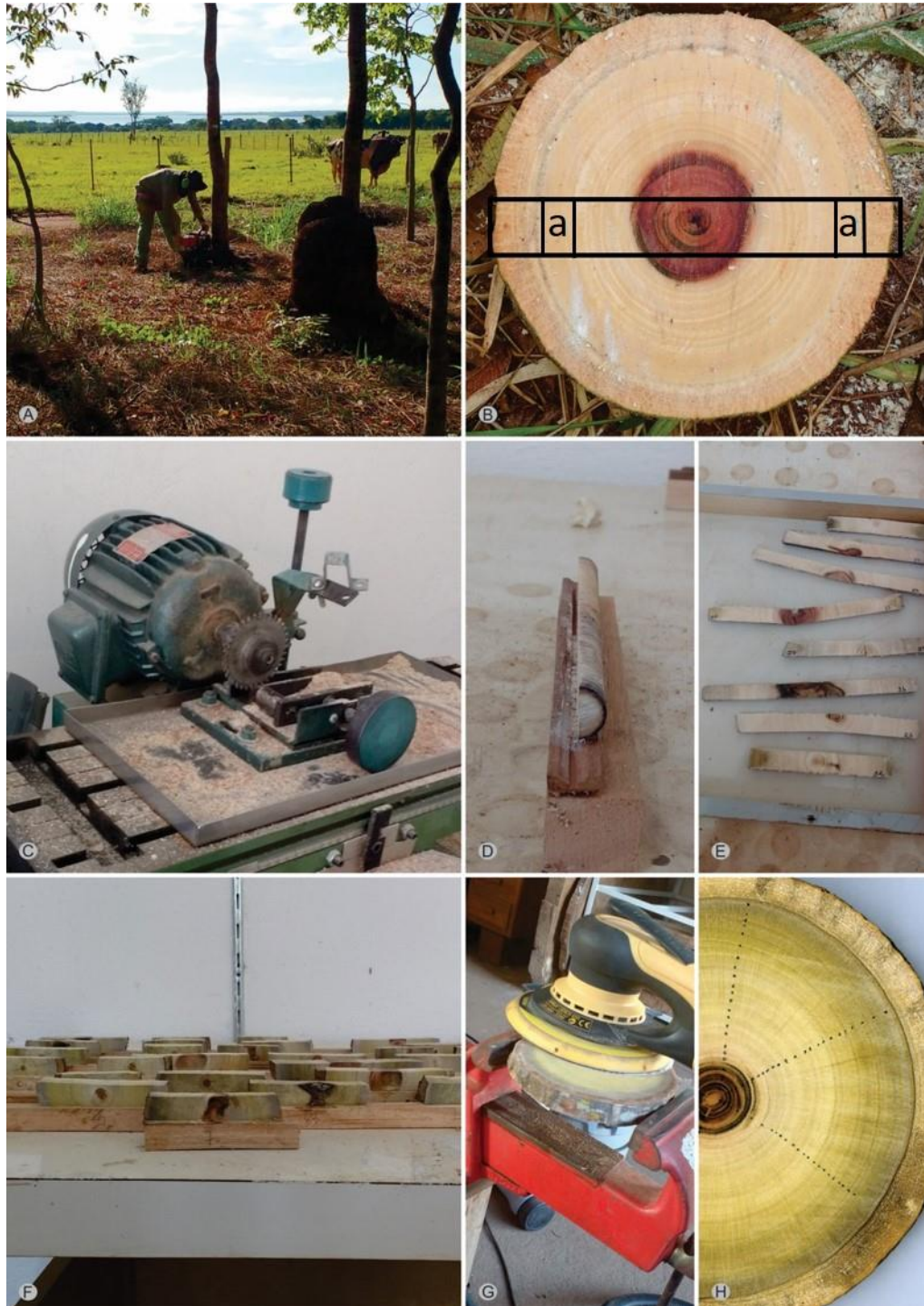


Figura 2: Coleta e preparo das amostras **A** – Coleta destrutiva, derrubada das árvores. **B** – Disco retirado na altura do DAP, a área demarcada corresponde a marcação do diâmetro realizada para o posterior corte na serra circular. **C** – Serra circular dupla e transversal, com espaçamento de aproximadamente 2,0 mm entre as serras. **D** – Amostra não destrutiva (área impactada) cortada, após passar pela dupla serra. **E** – Amostras cortadas com a dupla serra. **F** – Diâmetro dos discos colados em suporte de madeira para serem cortados na dupla serra circular. **G** – Lixamento dos discos de *A. fraxinifolium* para visualização dos anéis de crescimento. **H** – Amostra com anéis de crescimento marcados. **a** - local no disco onde os corpos de prova para cortes anatômicos foram retirados. (Fonte: próprio autor)

3. RESULTADOS

3.1 Densitometria e imagens de Raios X

Foram avaliados os resultados de densitometria de raios – X aliados à imagem de raio – X digital, juntamente com a imagem da amostra de madeira (Apêndice 2 – Figuras 1-15). Nessa avaliação foi percebido que, nas imagens do raio – X digital, os locais com tonalidades mais escuras (Apêndice 2 – Figuras 1-15), verificados na madeira natural como lenhos iniciais e cernes, apresentaram densidades menores; já os locais com tonalidades mais claras (Apêndice 2 – Figuras 1-15), lenhos tardios e locais com grande lignificação (picos mais altos no gráfico), apresentaram densidades maiores.

Nas análises foi possível verificar que as árvores que cresceram na área impactada, não levando em consideração o sexo dessas árvores, apresentaram valores de densidades maiores do que as árvores da área não impactada (Tabela 1). Sendo a Densidade Média Aparente ($1,182\text{g/cm}^3$); média de Densidade Máxima ($0,984\text{g/cm}^3$) e média Densidade Mínima ($0,731\text{g/cm}^3$) das árvores da área impactada maiores que os mesmos dados das árvores da área não impactada (Densidade Média Aparente $1,083\text{g/cm}^3$; média de Densidade Máxima $0,901\text{g/cm}^3$ e média de Densidade Mínima $0,681\text{g/cm}^3$).

Quando se compara as densidades médias entre as árvores masculinas e femininas de uma área (impactada ou não impactada) não houve diferença significativa, porém quando se faz a mesma comparação entre as densidades máximas e mínimas foram verificadas diferenças. As árvores masculinas do ambiente impactado mostraram uma maior densidade tanto máxima, que foi de $1,174\text{ g/cm}^3$ (Tabela 1) quanto mínima que foi igual à $0,748\text{ g/cm}^3$ (Tabela 1), quando comparadas com as do mesmo sexo que estavam localizadas em ambiente não impactado (Máxima de $1,098\text{ g/cm}^3$ e Mínima de $0,692\text{ g/cm}^3$); a mesma tendência foi seguida nas árvores femininas que apresentaram densidade máxima de $1,191\text{ g/cm}^3$ para área impactada contra $1,07\text{ g/cm}^3$ para área não impactada (Tabela 1) e densidade mínima aparente de $0,712\text{ g/cm}^3$ para impactada contra $0,671\text{ g/cm}^3$ para não impactada (Tabela 1). Comparando as densidades entre os sexos, independente da área em que as árvores se encontravam, foi visto que existe diferença apenas entre a densidade aparente mínima (Figura 4F), sendo está de $0,722\text{ g/cm}^3$ em árvores masculinas e $0,691\text{ g/cm}^3$ nas árvores femininas.

Tabela 1 – Valores de densidade mínima, média e máxima do lenho de *Astronium fraxinifolium* comparados entre área impactada (FEPE – Bovinos) e área não impactada (FEPE – Cerrado), bem como comparação entre os diferentes sexos do vegetal. Média Total – valor de densidade correspondente a área, sem levar em consideração o sexo da planta.

Variável	Área Impactada			Área Não Impactada		
	Masculina	Feminina	Média Total	Masculina	Feminina	Média Total
Densidade Mínima	0,74±0,05 ^a	0,71±0,05 ^{a,c}	0,73±0,05 ^A	0,69±0,05 ^{b,c}	0,67±0,03 ^{b,d}	0,68±0,04 ^B
Densidade Média	0,98±0,03 ^a	0,98±0,04 ^{a,c}	0,98±0,04 ^A	0,91±0,02 ^b	0,89±0,03 ^{b,d}	0,90±0,03 ^B
Densidade Máxima	1,17±0,05 ^a	1,19±0,04 ^{a,c}	1,18±0,04 ^A	1,09±0,03 ^b	1,07±0,03 ^{b,d}	1,08±0,03 ^B

4. DISCUSSÃO

4.1 Solo

Comparando os dados obtidos com os reportados pela Embrapa (2006) o solo das duas áreas é categorizado como Latossolo Vermelho Distrófico. Oliveira & Moniz (1975) relatam que a densidade média de Latossolo Vermelho se encontra entre 0,98 e 1,13 kg/dm³, classificando assim ambas as áreas de estudo como tendo alta densidade, porém como os dados revelam a área impactada apresenta uma maior densidade, que a área não impactada. Montanari *et al.* (2010) descrevem que o aumento na densidade do solo pode influenciar diretamente na vida do vegetal, já que altas densidades estão ligadas à compactação do solo e essa por sua vez prejudica o desenvolvimento radicular e também a absorção nutricional. Rodrigues *et al.* (2007) analisaram o solo da “FEPE – Bovinos” e também observaram problemas relacionados à degradação do solo, destacando a baixa quantidade de nutrientes, matéria orgânica e compactação do solo, dificultando e até impossibilitando a infiltração de água nesse solo.

De acordo com Tomé Junior (1997), solos que apresentam pH menor que 4,3 são considerados com acidez muito alta e solos com pH entre 4,4 e 5,0 são de acidez alta. Sendo assim classificamos o solo da área impactada como acidez alta e para a área não impactada como acidez muito alta. Solos com pH baixo (ácidos) apresentam pobreza em íons como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, além de baixas somas de base, elevado teor de alumínio, excesso de manganês e fixação de fósforo nos coloides, tornando-o indisponível para as plantas (RONQUIM, 2010).

De acordo com Osaki (1991), solos com saturação por alumínio com teores entre 20,1 a 45% apresentam um alto valor, podendo ser prejudicial para as plantas; solos com teores superiores a 45% contém um valor muito alto de m%, taxado como altamente prejudicial para a vegetação. Em condições anaeróbicas do solo, causadas pela compactação, juntamente com a diminuição do pH, há um aumento de íons de alumínio no solo (PRIMAVESI, 2006). Para Jansen *et al.* (2003) o alumínio pode ser parte dos nutrientes essenciais para as plantas nativas do Cerrado, podendo não ser tão prejudicial assim. No presente estudo os valores de saturação por alumínio foram de 36,5% para a área impactada e para a não impactada de 52,5%.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2007) há uma relação direta entre MO e a CTC nas camadas superiores do solo, o que significa que nestas camadas apresentam-se uma capacidade alta de retenção de íons. A matéria orgânica apresenta um papel importante no solo, pois aumenta a CTC e é responsável pela manutenção da macroporosidade do ambiente; ressalta-se também que se a CTC do solo estiver ocupada por cátions essenciais como Ca²⁺,

Mg²⁺ e K⁺, este solo é bom para a nutrição das plantas, por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H⁺ e Al³⁺ este será um solo pobre (RONQUIM, 2010). No presente estudo o valor de CTC para a área impactada foi de 30,9 mmolc/dm³ já para a área não impactada o valor foi de 67,2 mmolc/dm³.

4.2 Densidade da madeira

O uso de raios-x para determinação da densidade da madeira foi expandido por Parker (1971) que correlacionou variáveis climáticas com os dados de densidade dos anéis anuais de *Picea engelmannii* (Gimnosperma). A metodologia de raios-x, para identificação da densidade aparente, permite diferenciar cerne de alburno de eucaliptos, devido às características anatômicas e químicas de cada uma dessas partes (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2008). Qualquer estímulo que provoca uma mudança no padrão de crescimento ou na forma de uma árvore, pode resultar em mudanças nas propriedades dessa madeira (ZOBEL & BUITJNEN, 1989). Nossas análises também demonstraram alterações de densidade dependendo do ambiente analisado.

A variação climática natural é responsável pela sazonalidade na atividade cambial em plantas das regiões tropicais e subtropicais (CALLADO *et al.*, 2013), a dormência desse tecido é atribuída à estação seca e sua atividade é atribuída à estação chuvosa (WORBES, 1995). Marcati *et al.* (2006), estudando *Cedrela fissilis* (Meliaceae), corroboram com tal afirmação, ao discutirem que a formação do lenho tardio ocorre na estação seca e que o lenho inicial é formado na estação chuvosa. A variação da largura e da densidade do anel de crescimento foi aplicada para entendimento do clima, no passado (FRITTS, 1976). Alves e Alves & Angyalossy-Alfonso (2000) descrevem que as variações na água disponível no solo, a temperatura do ambiente, intensidade de luz, fotoperíodo e o gradiente de hormônios relacionados ao crescimento, são importantes fatores que se interligam com a produção de anéis de crescimento. No presente estudo a variação da largura dos anéis de crescimento não foi avaliada, porém, foi observado variação de densidade do lenho em relação ao ambiente.

Santini Junior *et al.* (2010) afirmaram que, anatomicamente, quanto maior o lume das fibras menor é a densidade para *Alchornea sidifolia* (Euphorbiaceae), assim também é dito que quanto maior a espessura da parede da fibra, maior a densidade para *Pittosporum undulatum* (Pittosporaceae) (LONGUI *et al.*, 2011). Também foram observadas associação dos valores de densidade mínima com o lenho inicial da planta, já que esse apresenta fibras com paredes menos espessadas e conseqüentemente um maior lume. Já para os valores de

densidade máxima foi presumida ligação com o lenho tardio, já que esse apresenta fibras com paredes mais espessas e assim um lume menor.

O ambiente oferece uma pressão e as plantas por sua vez respondem, apresentando características morfológicas diferenciadas (LIMA *et al.*, 2009). Lima *et al.* (2010) afirmaram que a densidade aparente de uma planta pode também estar relacionada com a sua procedência gênica. Muller-Landau (2004) acrescenta que a variação da densidade da madeira pode ainda ser devido aos caracteres fisiológicos ou por conta dos tratamentos silviculturais. Moya & Tomazello Filho (2009) afirmaram que condições ambientais e a idade das plantas modificam a densidade da madeira. Armstrong (2003), estudando algumas espécies de eucalipto menciona que, conforme a árvore se torna adulta, há uma tendência de ter um aumento na espessura das paredes das fibras, o que está associado a uma diminuição do lume e correspondendo assim a um aumento na densidade da madeira. Santos *et al.* (2011), estudando *Astronium graveolens*, afirmaram que há variação radial da densidade e essa se correlaciona com as características anatômicas da espécie, características essas que devem ser decorrentes do crescimento do indivíduo e da maturação cambial.

5. CONCLUSÃO

No presente estudo foi verificado que a área da FEPE utilizada como área de empréstimo da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira apresenta solo degradado quando comparado com outra área da mesma fazenda. Tal degradação parece influenciar nas características de densidade da madeira, como observado para a espécie *Astronium fraxinifolium*, que apresenta densidade maior na área impactada, demonstrando que condições ambientais podem alterar a expressão de densidade da madeira.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, E.S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels.** *IAWA Journal*, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.
- AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. 143p, 1994.
- AMARAL, A.C.B & TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela técnica de microdensidade de raios X. **Revista de Ciência e Tecnologia, Piracicaba**, v. 6, n. 11/12, p. 17-23, 1998.

ARMSTRONG, M. **Wood quality** – a review of wood quality requirements for processing and the development of non-destructive evaluation techniques for wood property traits. Brisbane: Hardwoods Queensland, Queensland Forestry Research Institute, DPI, n. 6, 2003.

BALLARINI, A.W. & PALMA, H.A.L. Propriedades de resistência de madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Rev. Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

CALLADO, C.H.; ROIG, F.A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C.F. **Cambial growth periodicity studies of South American woody species**—a review. **IAWA Journal**, v. 34, p. 213–230, 2013.

CHAGAS, M.P.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOYA, R.A.; ARAUJO, A.L.L. Variação da densidade básica da madeira, no sentido base topo, de árvores de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, **Anais**. Piracicaba: USP, 2005.

CURY, G; TOMAZELLO-FILHO, M; LISI, C.S. Aplicação de método não destrutivo na coleta de amostras de madeira de espécies arbóreas nativas para estudo anatômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1, 2001, Santa Maria. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p. 80 - 89.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro – RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa – SPI, 2006. 306 p.

FERREIRA, A.T.B. **Avaliação da estrutura anatômica e da densidade aparente do lenho e do carvão de árvores de *Eucalyptus* sp. e de *Corymbia* sp.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo: Piracicaba – SP, 191p., 2013.

FERREIRA, A.T.B & TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et. Golf. por densitometria de raios – X. **Sci. For., Piracicaba**, v. 37, n. 83, p. 287 – 298, 2009.

FRITTS, H.C. Tree rings and climate. **Academic Press**, London, New York, San Francisco. 1976.

ISHIGURI, F.; HIRAIWA, T.; IIZUKA, K.; YOKOTA, S.; PRIADI, D.; SUMIASRI, N.; YOSHIZAWA, N. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.

JANSEN, S.; SMETS, E.; HARIDASAN, M. Aluminum accumulation in flowering plants. In: BLUMEL, D. D.; RAPPAPORT, A. (Ed). **Mc-Graw Hill Yearbook of Science and Technology**. New York: McGraw-Hill, p. 11-13, 2003.

LIMA, I.L., LONGUI, E.L. ANDRADE I.M., GARCIA, J.N., ZANATTO, A.C.S., MORAIS, E., FLORSHEIM, S.M.B. Efeito da procedência em algumas propriedades da madeira de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Rev. Inst. Flor.**, v.22, n.1, p. 61 – 69, 2010.

LIMA, I.L., MASTELIN, S.M., LONGUI, E.L., FREITAS, M.L.M., ROMERO, D., ZANATTO, A.C.S., FLORSHEIM, S.M.B. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e posição radial. **Rev. Inst. Flor.**, v. 23, n. 2, p. 217 – 230, 2011.

LIMA, R.S., OLIVEIRA, P.L., & RODRIGUES, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae – Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 2, p. 361 – 374, 2009.

LONGUI, E.L.; ROMEIRO, D.; SILVA, M.T.; RIBEIRO, A.; GOUVEIA, T.C.; LIMA, I.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Caracterização do lenho e variação radial de *Pittosporum undulatum* Vent. (pau-incenso). **Hoehnea**, v.38, n.1, p. 37 – 50, 2011.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in woodformation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **IAWA Journal**, v. 27, p. 199–211, 2006.

MIRANDA, I. ALMEIDA, M.H., PEREIRA, H. Influence of provenance, subspecies and site on wood density in *Eucalyptus globulus* Labill. **Wood and Fiber Science: Monona**, v. 33, p. 9-15, 2001.

MONTANARI, R.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M.; LOVERA, L.H.; HONORATO, M.A.O. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 34, p. 1811-1822, 2010.

MOYA, R. & TOMAZELLO FILHO, M. Wood density variation and tree ring demarcation in *Gmelina arborea* trees using X – ray densitometry. **Cerne: Lavras**, v. 15, n. 1, p. 92 – 100, 2009.

MULLER-LANDAU, H.C. Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. **Biotropica**, v. 36, n. 1, p. 20-32, 2004.

OLIVEIRA, J.B. & MONIZ, A.C. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Ribeirão Preto, SP. **Bragantia**, v. 34, p. 59-114, 1975.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 503 p, 1991.

PANSHIN, A.J. & DE ZEEUM, C. **Text book of wood technology**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 705 p, 1970.

PARKER, M.L. Dendrochronological techniques used by the Geological Survey of Canada. **Geological Survey of Canada Bulletin**, p. 1-71, 1971.

POLGE, H. Une nouvelle méthode de détermination de la texture du bois: l'analyse densitométrique de clichés radiographiques. **Ann. Sci. Forest.** v. 20, p. 533–580, 1963.

POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants: application dans les domaines technologique et physiologique. **Annales des Sciences Forestières**, Paris, v. 23, n. 1, p. 1-206, 1966.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 18. ed. São Paulo: Nobel, 549 p, 2006.

QMS TREE RING ANALYZER USERS GUIDE. Model QTRS – 01X. Quintek Measurement Systems. Knoxville, Tennessee. 72p. 1999.

RODRIGUES, G.B.; MALTONI, K.L. & CASSIOLATO, A.M.R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Agriambi**: Campina Grande. v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa, 30 p, 2010.

SANTINI JUNIOR, L.; LONGUI, E.L.; LIMA, I.L.; AGUIAR, O.T.; FLORSHEIM, S.M.B. Análise anatômica qualitativa e quantitativa e densidade básica da madeira de *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Rev. Inst. Flor.**, v. 22, n. 2, p. 201 – 214, 2010.

SANTOS, C.M.; LIMA, I.L.; LONGUI, E.L.; ROMEIRO, D.; ZANATTO, A.C.S.; MORAIS, E.; ZANATA, M.; FLORSHEIM, S.M.B. A densidade básica e características anatômicas variam radialmente na madeira de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Rev. Inst. Flor.**, v. 23, n. 2, p. 191-201, 2011.

SERPA, P.N., VITAL, B.R., LUCIA, R.M.D., PIMENTA, A.S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Rev. Árvore**, v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JR, S.; MATOS, J.L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Mainden. **Rev. Floresta**: Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, 2004.

TAZROUT, M.; ABADLIA, M.T.; MOTHE, F. Étude de la récupération du colapse par microdenditométrie avec du bois d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn provenant de Beghla em Algérie. **Bois et Forêt des Tropiques**: Montpellier, n. 312, p. 63-75, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIM, A.W.; BENJAMIN, C.A. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. **Maderas: Ciência y Tecnología**, Concepcion, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2008.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba - SP: Agropecuária, 274 p, 1997.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: struture, properties and utilization. New York: Van Nostrand Reinhold. 494 p, 1991.

WIEMANN, M.C. & WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific-gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p. 344-349, 1988.

WIEMANN, M.C. & WILLIAMSON, G.B. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. **Forest Science**, v. 35, p. 197-210, 1989.

WILLIAMSON, G.B. & WIEMANN, M.C. **Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity**: lessons form eccentrics. **Trees**, v. 25, n. 1, p. 585-591, 2011.

WORBES, M. **How to measure growth dynamics in tropical trees—a review**. **IAWA Journal**, v. 16, p. 337–351, 1995.

ZOBEL, B.J., BUITJNEN, J.P. van. **Wood variation:** its causes and control. Berlin: Springer-Verlag. 361p, 1989.

Capítulo 2 – Análise comparativa dos constituintes químicos do lenho de indivíduos de *Astronium fraxinifolium* provenientes de ambientes distintos

Autores: Ricardo de Almeida Gonçalves, Mario Tomazello Filho, Mario Luiz Teixeira de Moraes, José Cambuim, Aline Redondo Martins.

O artigo será submetido para a revista: Trees (I.F. 1,706)

1. INTRODUÇÃO

A madeira é formada por basicamente 50% de carbono, 44% de oxigênio, 6% de hidrogênio e traços de nitrogênio e outros elementos (MARTINS, 1980). A organização desses elementos compõe os tecidos lenhosos que tem como característica, células com parede composta por: celulose, hemicelulose e lignina (numa proporção de 50:20:30%). Além disso tais paredes ainda podem conter extrativos, que podem ser terpenos, óleos essenciais, resinas e outros compostos resultantes do metabolismo secundários (PHILLIP & D'ALMEIDA, 1988). Com isso, Rowell *et al.* (2005) descrevem a madeira como um biopolímero tridimensional que apresenta água como substância mais abundante em uma árvore.

A celulose é um polímero de glicose com ligação β (1-4) entre unidade de D-glicopirranose (ROWELL *et al.*, 2005). A lignina é definida por Foelkel (1977) como uma substância incrustante, que ocupa os espaços vazios da parede celular e por Rowell *et al.* (2005) como sendo uma substância amorfa, com alta complexidade, formado por um polímero aromático contendo como unidade principal fenilpropano.

Palermo *et al.* (2003) afirmaram que fatores bióticos e abióticos do meio afetam características da madeira, afetando assim seus valores e usos. Rigatto *et al.* (2004), ao estudarem *Pinus taeda*, encontraram que características do solo influenciam as propriedades da madeira, com por exemplo densidade básica e teor dos constituintes. Dias *et al.* (2006), também analisando *Pinus taeda*, observaram que aqueles que apresentaram alta taxa de crescimento, tiveram uma menor densidade básica e maior teor de lignina. Trugilho *et al.* (1996) afirmam que quanto menor o teor de lignina maior será o teor de holocelulose (hemicelulose + celulose); e que os valores de lignina, extrativos e holocelulose tendem a se estabilizar com o envelhecimento do vegetal (transição de lenho juvenil para lenho adulto).

Vale *et al.* (2010) encontraram correlações significativas entre o teor de lignina e a densidade da madeira. Outros trabalhos, já citados na dissertação no capítulo I, afirmam que árvores em diferentes tipos de ambientes apresentam densidade diferente, portanto o objetivo do presente capítulo foi determinar a quantidade de constituintes da madeira para se ter um maior entendimento do comportamento da madeira de *Astronium fraxinifolium*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo e material coletado

As áreas do estudo são as mesmas descritas no Capítulo I dessa dissertação. Localizadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE pertencente a Universidade

Estadual Paulista – UNESP de Ilha Solteira. A fazenda está localizada no município de Selvíria – MS.

O material utilizado para as análises da constituição química da madeira, são das mesmas árvores do capítulo anterior. Seguindo a mesma metodologia para as amostras das árvores da área impactada, coletas não destrutivas (CURY *et al.*, 2001). Para as árvores da área não impactada se retirou um disco de madeira na altura do DAP (aproximadamente 1,30m do solo) das árvores derrubadas.

2.2 Análises de solo

As caracterizações dos solos das duas áreas foram analisadas e discutidas no capítulo I da dissertação. O local apresenta solo pobre em nutrientes e com nível de compactação elevado, o que dificulta a permeabilidade do ambiente.

2.3 Análises químicas

Para a análise química, as amostras de madeira foram separadas em duas regiões (cerne e alburno), de acordo com a coloração das amostras evidenciadas na Figura 1B do capítulo I, página 18. As amostras foram cortadas em pequenos cavacos, com auxílio de lâmina de metal e martelo, e moídas em moinho de facas. As partículas reduzidas com aproximadamente 1mm seguiram para análise.

Primeiramente foi mensurado a quantidade de matéria absolutamente seca que as amostras continham. Para isso foi pesado aproximadamente um grama de amostra pulverizada que foi levada para a estufa a 105°C, em cadinhos individuais, onde ficaram por uma noite. As amostras foram retiradas da estufa, mantidas em dessecador até alcançarem temperatura ambiente e então pesadas. A diferença entre o peso do cadinho (mensurado antes da estufa) e o peso da amostra mais o cadinho depois da estufa, nos dá a quantidade de matéria absolutamente seca que existe em um grama de madeira.

Como as análises foram realizadas no laboratório de Bromatologia da UNESP de Ilha Solteira, foram seguidos protocolos compatíveis com a área (SILVA & QUEIROZ, 2002). Para a quantificação de constituintes (celulose, lignina e hemicelulose) aproximadamente meio grama de madeira moída de *Astronium fraxinifolium* foi submetida a sucessivos tratamentos com diferentes faixas de pH (FDN (Fibra em detergente neutro) para pectinas e proteínas, FDA (Fibra em detergente ácido) para hemicelulose, ácido sulfúrico 72% para celulose), para que houvesse digestão de cada parte e assim, por diferença de peso, se obteve o valor de quantificação individual. Após cada etapa do processo, o resíduo (amostra de

madeira) era seco em estufa por uma noite, deixado esfriar em dessecador até equilíbrio com a temperatura ambiente e então pesado em balança analítica.

Ao final, do processo de digestão, as amostras foram levadas para a mufla (600° C por quatro horas) para total incineração da parte orgânica da madeira (Lignina), sobrando apenas as cinzas, que foram pesadas.

2.4 Análise de dados

Os dados obtidos foram avaliados em *software* Past v. 2.17c (HAMMER *et al.*, 2001). Para as variáveis, com distribuição normal e variância homogênea, utilizou-se ANOVA fazendo comparação par-a-par com teste de Tukey.

3. RESULTADOS

As análises mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre características químicas da madeira de *Astronium fraxinifolium*. A variável sobre o peso da madeira absolutamente seca (Matéria seca) apresentou maior valor na área impactada apresentando média de 0,94 g enquanto a área não impactada o valor médio foi de 0,92 g.

O teor de lignina diferiu entre o alburno das plantas masculinas (0,05 g) e o cerne das árvores femininas (0,08 g). As cinzas, constituintes minerais da madeira, deram significativa diferença entre o cerne das plantas masculinas da área não impactada (0,02 g) com o alburno das plantas femininas da área não impactada (0,01 g). Outros resultados descritos na Tabela 1 revelaram as diferenças em relação à posição radial dos teores de lignina, celulose e cinzas dentre as árvores de mesmo ambiente.

O teor de lignina (0,08 g para cerne e 0,05 g para alburno em plantas femininas da área não impactada) e a quantidade cinzas (0,02 g para cerne e 0,01 g para alburno nas masculinas da área impactada) são observados tendo valores maiores no cerne da planta, sem diferença significativa na maioria das análises. O teor de celulose tem valores maiores no alburno (0,25 g contra 0,21 g para o cerne nas femininas da área não impactada), tendo diferença significativa apenas nas comparações entre cerne e alburno.

Tabela 1: Tabela com os valores encontrados nas análises químicas da madeira de *Astronium fraxinifolium*. Compararam - se os resultados entre as áreas, sexos e posição radial das amostras. Letras maiúsculas indicam diferença entre as áreas, as letras minúsculas identificam as análises entre sexo e posição radial na planta. Na tabela: **M.S.** – Matéria Absolutamente Seca; **Lig.** – Teor de Lignina; **Cel.** – Teor de Celulose; **Czs.** – Teor de Cinzas.

Variável	Área impactada					Área Não Impactada				
	Masculinas		Femininas		Total	Masculinas		Femininas		Total
	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno		Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	
M.S.	0,93±0,01 ^a	0,93±0,01 ^a	0,94±0,01 ^a	0,93±0,01 ^a	0,94±0,01 ^A	0,92±0,00 ^a	0,92±0,01 ^a	0,93±0,01 ^a	0,92±0,01 ^a	0,92±0,01 ^B
Lig	0,07±0,01 ^{a,b,c}	0,05±0,00 ^a	0,06±0,01 ^{a,b,c}	0,05±0,00 ^{a,b}	0,06±0,01 ^A	0,07±0,01 ^{b,c}	0,05±0,00 ^a	0,08±0,01 ^c	0,05±0,01 ^{a,b,c}	0,06±0,01 ^A
Cel	0,22±0,01 ^{a,c}	0,27±0,01 ^{b,c}	0,21±0,01 ^a	0,26±0,00 ^{b,c}	0,24±0,03 ^A	0,21±0,00 ^a	0,25±0,01 ^{b,c}	0,21±0,01 ^a	0,25±0,01 ^c	0,23±0,02 ^A
Czs	0,02±0,00 ^{a,c}	0,01±0,00 ^b	0,02±0,01 ^{a,b,c}	0,02±0,00 ^b	0,01±0,01 ^A	0,02±0,00 ^{a,c}	0,01±0,00 ^{a,b,c}	0,01±0,00 ^{a,c}	0,01±0,00 ^b	0,01±0,01 ^A

Sendo assim afirma-se que *Astronium fraxinifolium* não apresentou uma resposta ao ambiente, quanto à quantidade dos constituintes químicos na madeira. Também é visto que o dimorfismo sexual não afeta a quantidade desses componentes. As diferenças entre os constituintes químicos foram relacionadas com a posição dentro do corpo do vegetal, mostrando essas diferenças entre o cerne e o alburno.

4. DISCUSSÃO

Nos resultados, foi observado que as principais diferenças entre os constituintes da madeira estudada são encontradas quando comparadas o cerne com o alburno. Kaakinen *et al.* (2007) afirmaram que em árvores de *Picea abies* ocorreu diferenças nos teores de hemicelulose, celulose e lignina quando compararam amostras em diferentes porções do raio do caule. Anttonen *et al.* (2002) afirmaram que a idade da planta e a localização da coleta da amostra podem mostrar diferentes teores dos constituintes.

Outros fatores são indicados na literatura como possíveis causadores da diferença de componentes da madeira. Sgarbi *et al.* (2000), ao estudarem híbridos de *Eucalyptus* afirmaram que a deficiência de Ca no solo é capaz de diminuir o teor de lignina encontrado na madeira. Ainda na composição química do solo. Andrade *et al.* (1994) propuseram que a aplicação de calagem em plantios de *Eucalyptus grandis* aumentaria o teor de cinzas na madeira da espécie.

Árvores submetidas a fertilização podem apresentar diminuição em determinados constituintes da madeira, como por exemplo a celulose (ANTTONEN *et al.*, 2002). Qualquer modificação no ambiente próximo as árvores podem ocasionar em uma resposta morfológica ou química como por exemplo, lenhos de compressão tendem a apresentar aumento mesmo que ligeiramente na quantidade de lignina (AISO *et al.*, 2013).

Efeitos de seca podem ocasionar uma deposição irregular de lignina na formação da parede secundária de *Pinus* (DONALSON, 2002). Oleksyn *et al.* (1996) mostraram em estudos com germinação de *Pinus* que alumínio em grandes quantidades pode ocasionar precoce lignificação da parede celular, impedindo a divisão celular do meristema apical radicular e assim diminuindo a biomassa radicular.

Sixto *et al.* (2016) afirmaram que sob estresse salino *Eucalyptus* e *Populus* apresentaram diminuição na biomassa do caule. Para Marzuoli *et al.* (2016) ao estudarem a resposta de *Quercus robur* com adubação, demonstram que a biomassa caulinar aumenta com o aumento da disponibilidade de nitrogênio, da mesma forma Cuzzuol *et al.* (2013), também

descrevem que a adubação contendo nitrogênio aumenta significativamente o teor de lignina e o valor de biomassa seca de *Caesalpinia echinata*.

Outros elementos causam modificações nos químicos da madeira, um exemplo, como descrito por Zhou *et al.* (2016) seria o aumento no teor de celulose e lignina nas raízes, após contaminação de espécies de *Citrus* com manganês. Para Cuzzuol *et al.* (2013) a adubação com fosforo e potássio não ocasiona aumento em constituintes químicos estruturais da madeira.

Conhecer a composição química da madeira é importante para entender a calorimetria e durabilidade da madeira (SANTANA & OKINO, 2007; DUKU *et al.*, 2010). A durabilidade da madeira está relacionada com a quantidade de compostos químicos que possam retardar a ação de fungos e microrganismos xilófagos. Latorraca *et al.* (2011) analisaram *Robinia pseudoacacia* e encontraram que o cerne de plantas adultas apresenta alta durabilidade devido a quantidade de extrativos presentes.

5. CONCLUSÃO

As análises mostraram que o solo compactado e pobre em nutrientes, do ambiente impactado, não exerceu nenhuma pressão sobre os constituintes das paredes celulares da madeira de *Astronium fraxinifolium*. Os teores de lignina e celulose não mostraram qualquer diferença significativa na comparação entre áreas. A variação presente esteve relacionada com a posição radial, comparando cerne e alburno das plantas. *A. fraxinifolium* apresenta madeira de alta durabilidade, sendo utilizado na construção civil. Como planta nativa do cerrado é indicada para o uso em recuperação do bioma devido não mudar suas propriedades enquanto regenera a paisagem, sendo assim podendo ser utilizado como espécie de reflorestamentos sustentáveis.

6. REFERÊNCIAS

AIISO, H.; HIRAIWA, T.; ISHIGURI, F.; IIZUKA, K.; YOKOTA, S.; YOSHIZAWA, N. Anatomy and lignin distribution of “compression-wood-like reaction wood” in *Gardenia jasminoides*. **IAWA Journal**, v. 34, n. 3, p. 263-272, 2013.

ANDRADE, A.M.; VITAL, B.R.; BARROS, N.F.; DELLA LUCIA, R.M.; CAMPOS, J.C.C.; VALENTE, D.F. Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**: Viçosa, v. 18, n. 1, p. 69-78, 1994.

ANTTONEN, S.; MANNINEN, A.M.; SARANPÄÄ, P.; KAINULAINEN, P.; LINDER, S.; VAPAAVUORI, E. Effects of long-term nutrient optimization on stem wood chemistry in *Picea abies*. **Trees**, v. 16, p. 386-394, 2002.

CURY, G; TOMAZELLO-FILHO, M; LISI, C.S. Aplicação de método não destrutivo na coleta de amostras de madeira de espécies arbóreas nativas para estudo anatômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1. Santa Maria. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2001. p. 80 – 89.

CUZZUOL, G.R.F.; MILANEZ, C.R.D.; GOMES, J.M.L., LABATE, C.A.; CANAL, E.C. Relationship between N, P, and K and the quality and stem structural characteristics of *Caesalpinia echinata* Lam. plants. **Trees**, v. 27, p.1477-1484, 2013.

DIAS, H.C.T.; PINHEIRO, J.A.C.; VILAR, M.B.; COSTA, A.A.; RAMOS, J.G.A.; CAIAFA, K.F.; SOUZA, F.C. Cuidados ambientais e a qualidade da madeira. **Revista da Madeira**: Curitiba, n. 99, 2006.

DONALDSON, L.A. Abnormal lignin distribution in wood from severely drought stressed *Pinus radiata* trees. **IAWA Journal**, v. 23, n. 2, p. 161 – 178, 2002.

DUKU, M.; GU, S.; HAGAN, E. A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. **Renewable and Sustainable EnergyReviews**, v.15, n. 1, p. 404-415, 2010.

FOELKEL, C.E.B. **Qualidade da madeira**. CENIBRA: Viçosa - MG, 60 p., 1977.

HAMMER Ø, HARPER D.A.T., RYAN P.D. **Past**: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontol Eletron**, v. 4, n. 1, 9 p, 2001.

KAAKINEN, S.; SARAPANPÄÄ, P.; VAPAAVUORI, E. Effects of growth differences due to geographic location and N-fertilisation on wood chemistry of Norway spruce. **Trees**, v. 21, p. 131-139, 2007.

LATORRACA, J.V.F.; DÜNISCH, O; KOCH, G. Chemical composition and natural durability of juvenile and mature heartwood of *Robinia pseudoacacia* L. **Anais da academia Brasileira de Ciências**, v.83, n. 3, p. 1059-1068, 2011.

MARTINS, H. Madeira como fonte de energia. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC. **Uso da madeira para fins energéticos**. Compilado por Waldir Resende Penedo. Belo Horizonte, p. 9-26, 1980.

MARZUOLI, R.; MONGA, R.; FINCO, A.; GEROSA, G. Biomass and physiological responses of *Quercus robur* (L.) young trees during 2 years of treatments with different levels of ozone and nitrogen wet deposition. **Trees**, v.30, p. 1995-2010, 2016.

OLEKSYN, J.; KAROLEWSKI, P.; GIERTYCH, M.J.; WERNER, A.; TJOELKER, M.G.; REICH, P.B. Altered root growth and plant chemistry of *Pinus sylvestris* seedlings subjected to aluminum in nutrient solution. **Trees**, v.10, p. 135 – 144, 1996.

PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; REZENDE, M.A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E.T.D.; ABREU, H.S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meios de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 47-57, 2003.

PHILLIP, P.; D'ALMEIDA, M.L.O. **Celulose e papel**: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2 ed. São Paulo: IPT, 1988.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influence of soil attributes on quality of *Pinus taeda* wood for cellulose Kraft production. **Revista Árvore**: Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

ROWELL, R.M.; PETTERSEN, R.; HAN, J.S.; ROWELL, J.S., TSHABALALA, M.A. Cell wall chemistry. In: **Handbook of wood chemistry and wood composites**. CRC Press, 2005.

SANTANA, M. & OKINO, E. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. **Holzforschung**, v. 61, p. 469-477, 2007.

SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3 ed. - Viçosa: UFV, 2002.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Características químicas, físicas e dimensões das fibras da madeira juvenil de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* cultivado na omissão de macronutrientes e boro na solução nutritiva. **Revista Árvore**: Viçosa, v. 24, n. 3, p.323-331, 2000.

SIXTO, H.; GONZÁLES, B.D.G.; RUEDA, J.J.M.; ARANDA, A.G.; SANCHEZ, M.M.; LÓPEZ, G.; GALLARDO, F.; CAÑELLAS, MOUNET, F.; PETTENATI, J.G.; CANTÓN, F. *Eucalyptus* spp. and *Populus* spp. coping with salinity stress: an approach on growth, physiological and molecular features in the context of short rotation coppice (SRC). **Trees**, v. 30, p. 1873-1891, 2016.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**: Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.

VALE, A. T.; DIAS, I.S. SANTANA, M.A.E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**: Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.

ZHOU, C.P.; LI, C.P.; LIANG, W.W.; GUO, P.; YANG, L.T.; CHEN, L.S. Identification of manganese-toxicity-responsive genes in roots of two citrus species differing in manganese tolerance using cDNA-AFLP. **Trees**, Published Online. DOI 10.1007/s00468-016-1507-1, 2016.

Capítulo 3 - Anatomia comparada do lenho de árvores de *Astronium fraxinifolium* derivadas de áreas impactada e não impactada

Autores: Ricardo de Almeida Gonçalves, Mario Tomazello Filho, Mario Luiz Teixeira de Moraes, José Cambuim, Aline Redondo Martins.

O artigo será submetido para a revista: IAWA Journal (I.F.1,043)

1. INTRODUÇÃO

Plasticidade fenotípica é uma característica comum em plantas no geral, que pode acarretar em combinações estruturais ou até mesmo anatômicas que permitam expressar estratégias que podem aumentar sua eficiência fisiológica e por consequência sua sobrevivência. Múltiplos fatores tem a capacidade de provocar modificações estruturais nas plantas. A diversidade estrutural encontrada no lenho secundário das plantas, pode apresentar uma explicação adaptativa e até mesmo funcional, podendo estar correlacionada com o hábito e até as condições do ambiente (DICKISON, 2000). Lima *et al.* (2011a), estudando *Baufourodendron riedelianum* (Rutaceae), correlacionaram o genoma do indivíduo com algumas características anatômicas, como por exemplo diâmetro do elemento de vaso; já Abe & Nakai (1999) afirmaram que o déficit hídrico afeta o diâmetro do elemento de vaso/traqueíde em *Cryptomeria japonica* (Cupressaceae), fazendo com que seu lume seja menor.

Lima *et al.* (2011b) descrevem que o espaçamento entre árvores de um plantio de *Tectona grandis* (Verbenaceae) pode influenciar características anatômicas, como um maior espessamento das paredes das fibras e um aumento no comprimento das mesmas, o que ocasiona um acréscimo na densidade da madeira tornando assim uma madeira de melhor qualidade. Gatto *et al.* (2008) também indicam que, na transição entre lenho juvenil e lenho adulto, em *Luehea divaricata* (Malvaceae), existe diferença significativa entre o comprimento de fibras.

Porém, muitos autores relacionam a água como principal fator de alteração na anatomia do lenho, uma vez que o estresse hídrico oferece uma pressão sobre planta e essa responde adequando-se ao ambiente. Em condições de estresse hídrico, algumas espécies exibem características morfoanatômicas diferenciadas em suas folhas que muitas vezes são capazes de modificar reduzir a perda de água das mesmas em relação ao ambiente, tais como, aumento da espessura da epiderme e da cutícula, estômatos localizados em criptas ou apenas na face abaxial e ainda podendo ser cobertos por tricomas entre outras modificações (RUDALL, 1992). Doria *et al.* (2016) descreveram que características xerofíticas não são restritas a apenas um órgão, e podem ser encontradas nas folhas, raízes e caules.

As árvores apresentam variações no tamanho, frequência e até mesmo no agrupamento dos elementos de vaso, o que pode estar relacionado como uma resposta adaptativa ao ambiente, e tais variações tendem a melhorar a eficiência ou a segurança do fluxo de água (CARLQUIST, 2001). Exibir características relacionadas à segurança, tais como vasos com

menor diâmetro evitam a cavitação, porém diminuem a eficiência da condutividade, ou eficiência hidráulica, vasos com maior diâmetro, que aumentam a eficiência, porém aumenta o risco de embolismo, o que diminuiria a eficiência depois de um tempo, se torna de suma importância para a sobrevivência do vegetal (ZIMMERMANN, 1983; HACKE *et al.* 2006). Algumas espécies não correlacionam a resistência ao embolismo com o diâmetro do vaso (SCHREIBER *et al.*, 2015), outras espécies ainda apresentam baixa eficiência e baixa segurança na condutividade (MAHERALI *et al.*, 2004).

A colonização de ambientes com pouca disponibilidade de água está ligada a espécies que apresentem resistência do xilema ao embolismo (BRODRIBB *et al.*, 2012). Muitos níveis de segurança e eficiência são visualizados em diferentes ambientes por conta do xilema, que é capaz de operar em diferentes potenciais hídricos (CHOAT *et al.*, 2012), por exemplo, em ambientes secos, a sazonalidade pluvial aumenta a pressão negativa de condução o que aumenta o risco de embolismo no interior do xilema (SPERRY *et al.*, 2002).

Bosio *et al.* (2010), estudando anatomia do xilema secundário de *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) em diferentes altitudes, encontraram que na Floresta Alta Montana os elementos de vasos apresentam maiores comprimentos, atribuindo isso ao fato do local apresentar um solo raso e uma baixa retenção hídrica, o que ocasiona um déficit hídrico nas plantas da região. O ambiente pode até mesmo modificar características da formação do anel de crescimento como descrito por Moya & Tomazello-Filho (2008) que, ao analisarem *Gmelina arborea* (Verbenaceae), descreveram que os indivíduos crescidos em área tropical húmida apresentaram anel de crescimento com porosidade difusa enquanto os da área tropical seca apresentaram anel de semi-porosos a porosos.

Nesse capítulo serão apresentadas as análises da anatomia do lenho de *Astronium fraxinifolium*, comparando os indivíduos que cresceram na área não impactada com os indivíduos da área impactada, bem como a comparação entre anatomia de árvores femininas e masculinas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

Área impactada, no presente trabalho, está relacionado à área de empréstimo de solo. Nesse local os horizontes superiores do solo foram retirados para a construção da usina Hidrelétrica de Ilha Solteira.

A área não impactada refere-se a um plantio silvicultural experimental, onde há um consorcio de três espécies.

As áreas do estudo são localizadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE pertencente a Universidade Estadual Paulista – UNESP de Ilha Solteira. A fazenda está localizada no município de Selvíria – MS. A FEPE apresenta duas sedes, uma conhecida como “FEPE – Bovinos” onde está localizada a área impactada; e outra conhecida como “FEPE – Cerrado” onde está a área não impactada. Em cada área foram amostrados 30 indivíduos, sendo 15 masculinos e 15 femininos; totalizando 60 árvores. Exsicatas da espécie foram indexadas no Herbário de Ilha Solteira (HISA), separadas por sexo e área, com numeração HISA10299 e HISA10300 para a árvore feminina da área não impactada; HISA10301 e HISA10302 para árvore masculina da área não impactada; HISA10303 para árvore feminina da área impactada e HISA10304 e HISA10305 para árvore masculina da área impactada

2.2 Coleta na área impactada

As amostras das árvores localizadas na área impactada foram coletadas seguindo metodologia proposta por Cury *et al.* (2001) para coleta não destrutivas de lenho. Utilizou-se uma sonda motorizada e de cada árvore foi retirada uma amostra de todo o diâmetro (de casca a casa). O ferimento da árvore foi tampado com cilindro de madeira embebido em solução saturada de sulfato de cobre, para evitar a proliferação de organismos xilófagos.

2.3 Coleta na área não impactada

Já estava programado o corte de algumas árvores de *Astronium fraxinifolium* na área, sendo assim, foi aproveitado dessas árvores derrubadas e se retirou um disco de madeira na altura do DAP (aproximadamente 1,30 m do solo).

2.4 Anatomia

Amostras de madeira foram separadas em corpos de prova (ver Figura 2B do Capítulo I) que foram preparados seguindo técnicas descrita por Coradin & Muñiz (1991). Os corpos de prova foram cozidos em água + glicerina (1:1) até o amolecimento para o ponto de corte. Foram seccionados em micrótomo Leica modelo SM2000R com espessura entre 15 e 25 µm. Foi feito um total de 10 lâminas para cada árvore; destas, uma lâmina apresentava cortes brancos, a fim de se observar o material natural, as outras nove lâminas apresentavam cortes

que foram clarificados em água sanitária 30% e corados com dupla coloração: Safranina 1% e Azul de Alcian em ácido acético 3% (BURGER & RICHTER, 1991 – modificado).

Os cortes foram desidratados em série etílica crescente e montados em resina sintética Entellan e analisadas em microscópio de luz Zeiss – Primo Star. O material foi fotografado usando AxioCam ERc 5s e as medições serão realizadas com auxílio de *software* livre ImageJ. Foram tomadas as medidas de diâmetro do vaso, diâmetro do lume da fibra, espessura da parede da fibra, altura e largura dos raios parenquimáticos além frequência de vasos (número de vasos por mm²).

2.5 Dissociação

Partes restantes das amostras foram picadas em porções menores e mergulhadas em solução de Franklin (1945) até dissociação completa da lamela média e separação dos elementos celulares. A madeira dissociada foi corada em Safranina e analisada em microscópio óptico de luz. O material foi então fotografado e sua medição foi realizada com *software* livre ImageJ. Foram medidos comprimento de elemento de vaso e de fibras.

2.6 Histoquímico

Testes histoquímicos foram realizados em material fresco, hidratado. Para detecção de substâncias lipídicas, utilizou-se Sudan IV (JENSEN, 1962) e Sudan Black B (PEARSE, 1968); para amido, Lugol (BERLYN & MIKSCHE, 1976); para compostos fenólicos, Cloreto Férrico (JOHANSEN, 1940). Para a verificação do aspecto natural do órgão, foram montadas lâminas permanentes com os três planos de corte da madeira, sem tratamento e observadas ao microscópio de luz. Também foram realizadas fotos utilizando filtro de polarização de luz para evidenciar a presença de grãos de amido e cristais, no Laboratório de Anatomia Vegetal da Profa. Dra. Beatriz Appezzato-da-Glória em Piracicaba.

2.7 Análise de dados

As medições e descrições do material seguiram as normas da IAWA Committee (1989). Os dados das medições foram avaliados com estatística descritiva, sendo mostrados valores médios junto com o desvio padrão de cada variável.

Os dados de medições foram avaliados em *software* Past v. 2.17c (HAMMER *et al.*, 2001). A variável “Frequência de vasos”, por ser um dado não paramétrico foi analisada com o teste de Kruskal-Wallis junto com uma comparação par-a-par usando Mann-Whitney. Para

as demais variáveis, dados paramétricos com distribuição normal e variância homogênea, utilizou-se ANOVA fazendo comparação par-a-par com teste de Tukey.

3. RESULTADOS

3.1 Descrição anatômica

O lenho de *Astronium fraxinifolium*, tanto masculinas quanto femininas, de ambas as áreas, apresenta anéis de crescimento fracamente marcados, com cerne e alburno distintos pela coloração (ver Figura 2B do Capítulo I) e porosidade difusa (Figura 1A e G). Vasos condutores em maioria solitários, porém, aparecendo múltiplos radiais e aglomerados em cachos; placa de perfuração simples, com pontoações intervasculares alternas, poligonais e pequenas ($5,30 \pm 0,99 \mu\text{m}$); pontoações radio-vasculares com bordas reduzidas aparentemente simples e arredondas.

Levando como referência as árvores da área não impactada, temos que os vasos apresentam diâmetro tangencial igual $104,97 \pm 14,60 \mu\text{m}$. Frequência de vasos igual a $21,58 \pm 6,37$ vasos/ mm^2 . Elementos de vaso apresentando comprimento igual $324,10 \pm 71,29 \mu\text{m}$ e tilos frequentes. Fibras septadas, com pontoações simples ou com auréolas muito reduzidas, as paredes apresentam espessura variável (de fina à espessa) e o comprimento igual à $1054,74 \pm 152,92 \mu\text{m}$. *Astronium fraxinifolium* apresenta espessamento progressivo das paredes das fibras, indo do lenho inicial para o lenho tardio.

Parênquima axial paratraqueal escasso (Figura 1A, D, G, J) de cinco a oito células por série (Figura 1E). Raios parenquimáticos tendo de uma a três células de largura, $271,43 \pm 60,72 \mu\text{m}$ de altura, células do corpo procumbentes e células da margem quadradas, formando uma camada (Figura 1F e L). Cristais prismáticos observados exclusivamente em células da margem do raio parenquimático (Figura 1B, Figura 2C e Figura 4C, F, K e L). Canais secretores presentes no interior dos maiores raios parenquimáticos.

3.2 Análise histoquímico

Os testes histoquímicos revelaram que a espécie *Astronium fraxinifolium* apresenta nos raios parenquimáticos compostos fenólicos (Figura 3 A, D, G e J) e substâncias de composição lipídica (Figura 3 C, F, I e L). Suas fibras apresentam grande quantidade de amido (Figura 3 B, E, H e K), evidenciados também em microscopia de luz polarizada (Figura 4 A, D, G, H, I e J).

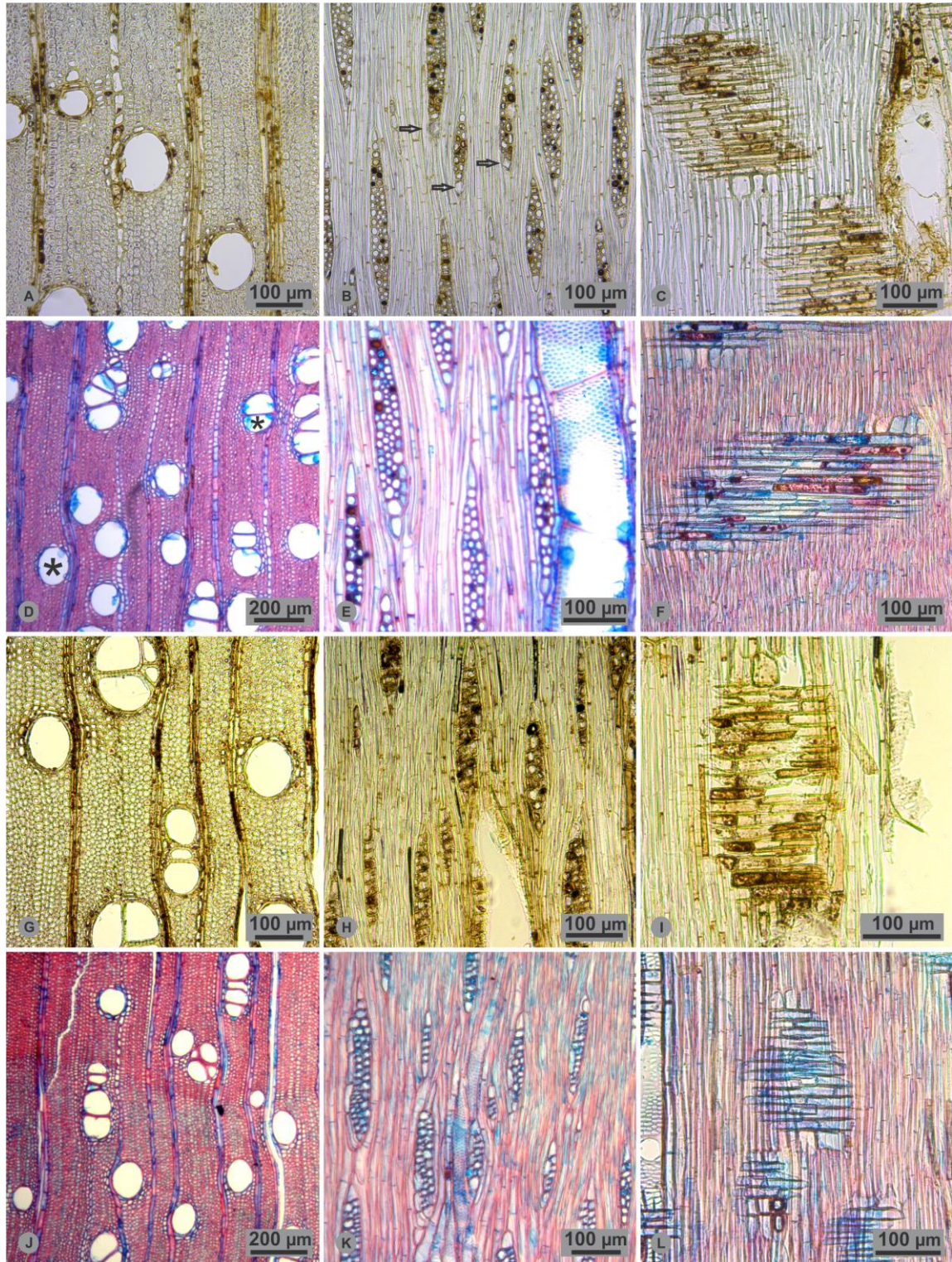


Figura 1: Anatomia do lenho das árvores de *Astronium fraxinifolium* da área não impactada. (A, B e C) Madeira de árvores masculina com coloração natural. (D, E e F) Madeira de árvore masculina corada com Safranina e Azul de Alcian em ácido acético 3%. (G, H e I) Madeira de árvore feminina em coloração natural. (J, K e L) Madeira de árvore feminina corada com Safranina e Azul de Alcian em ácido acético 3%. **Setas Vazias:** Cristais prismáticos observados nas margens dos raios parenquimáticos, (*) Processo de tilose (invasão de células do parênquima axial invadindo o vaso condutor). (Fonte: próprio autor)

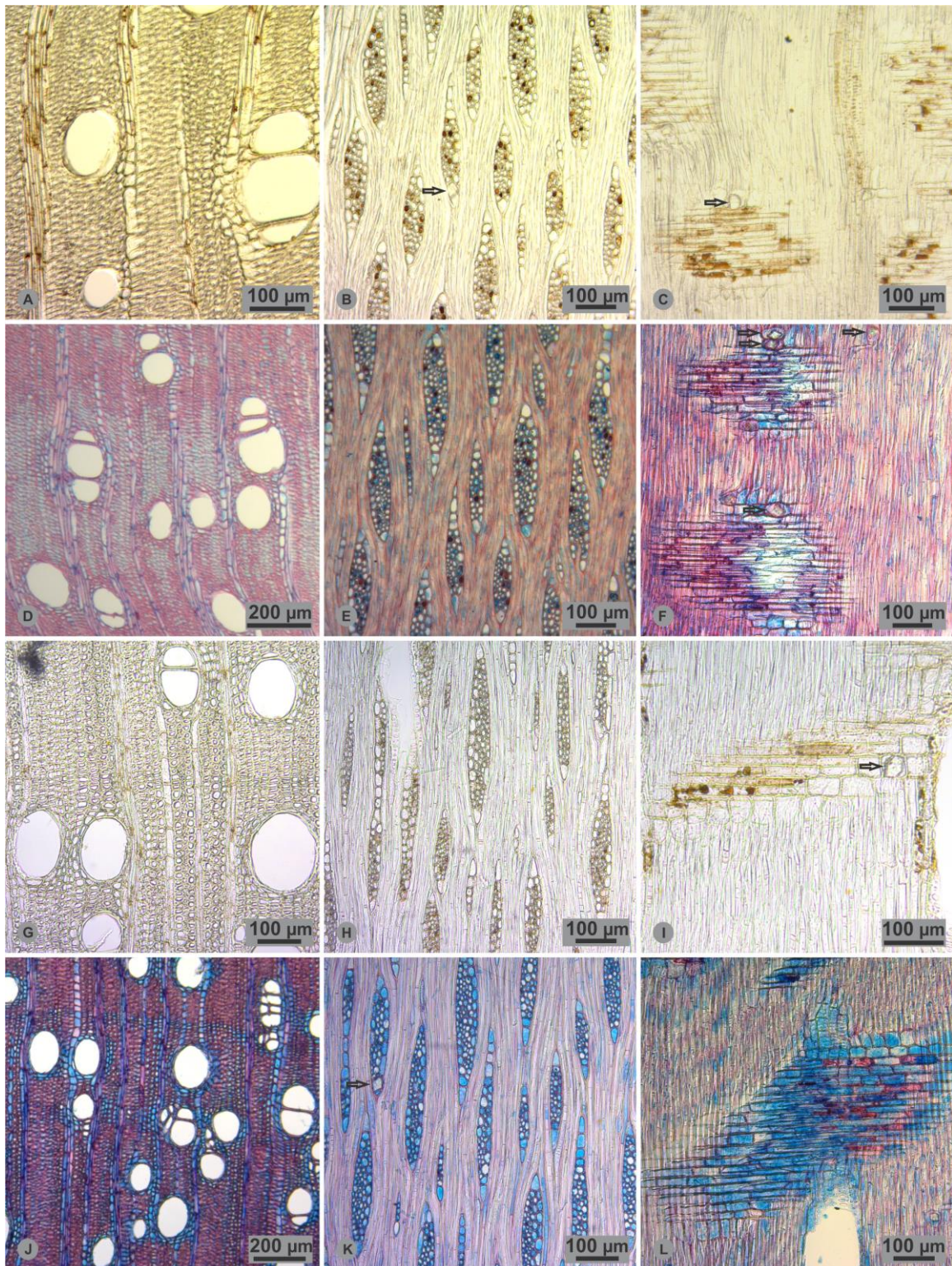


Figura 2: Anatomia do lenho das árvores da área impactada. (A, B e C) Madeira de uma árvore masculina com coloração natural. (D, E e F) Madeira de árvore masculina corada com Safranina e Azul de Alcian em ácido acético 3%. (G, H e I) Madeira de uma árvore feminina em coloração natural. (J, K e L) Madeira de árvore feminina corada com Safranina e Azul de Alcian em ácido acético 3%. **Setas Vazias:** Cristais prismáticos observados nas margens dos raios parenquimáticos. (Fonte: próprio autor)

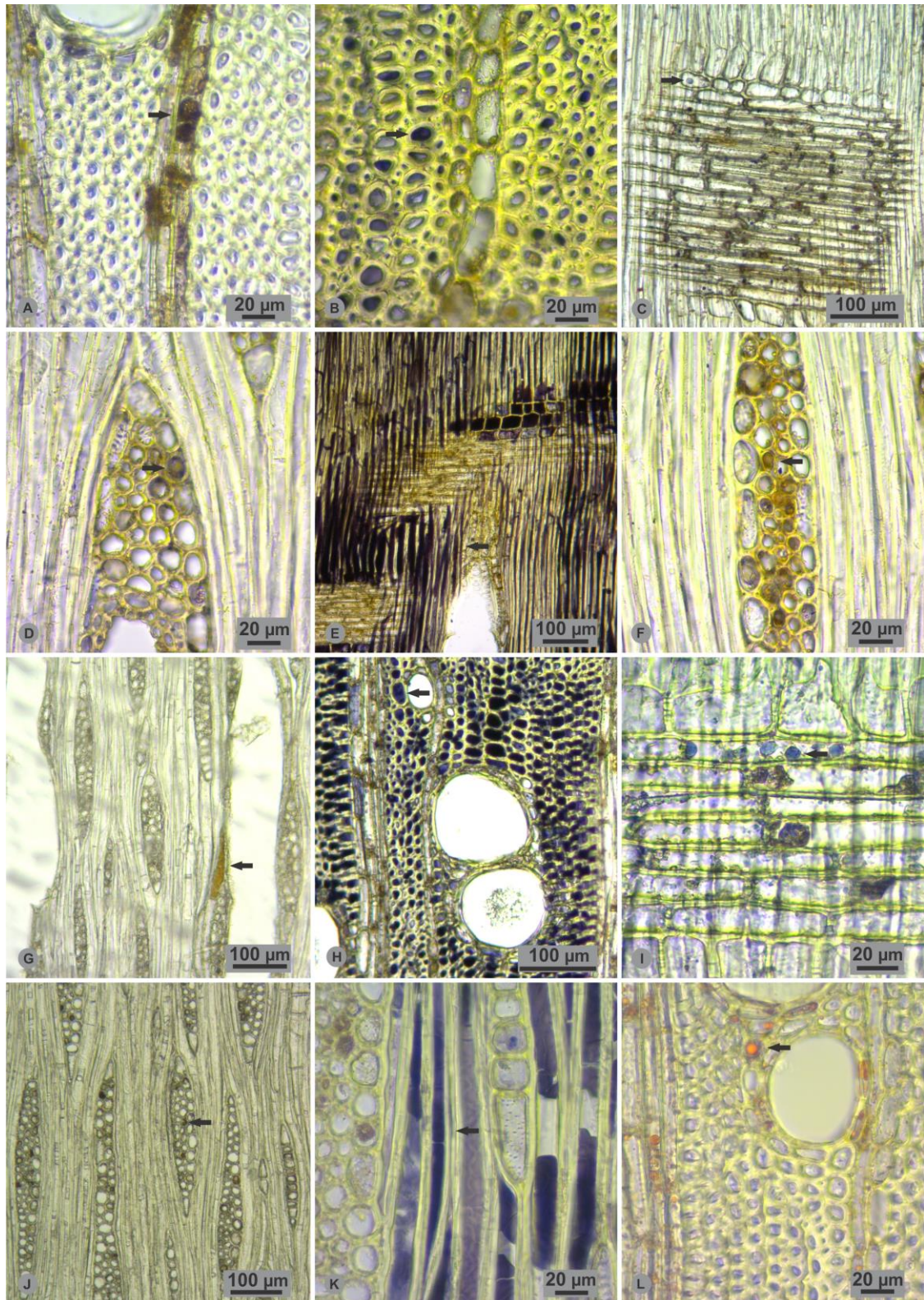


Figura 3: Testes histoquímicos no lenho de *Astronium fraxinifolium*. (A, D, G e J) Cortes mostrando reação com Cloreto Férrico, teste para compostos fenólicos; (B, E, H e K) Cortes apresentando reação positiva com Lugol, teste para amido; (C e I) Cortes expostos à Sudan Black B, teste para lipídeos; (F e L) Secções com reação para Sudan IV, teste para lipídeos. **Setas escuras:** Assinalam reação positiva para os testes. (Fonte: próprio autor)

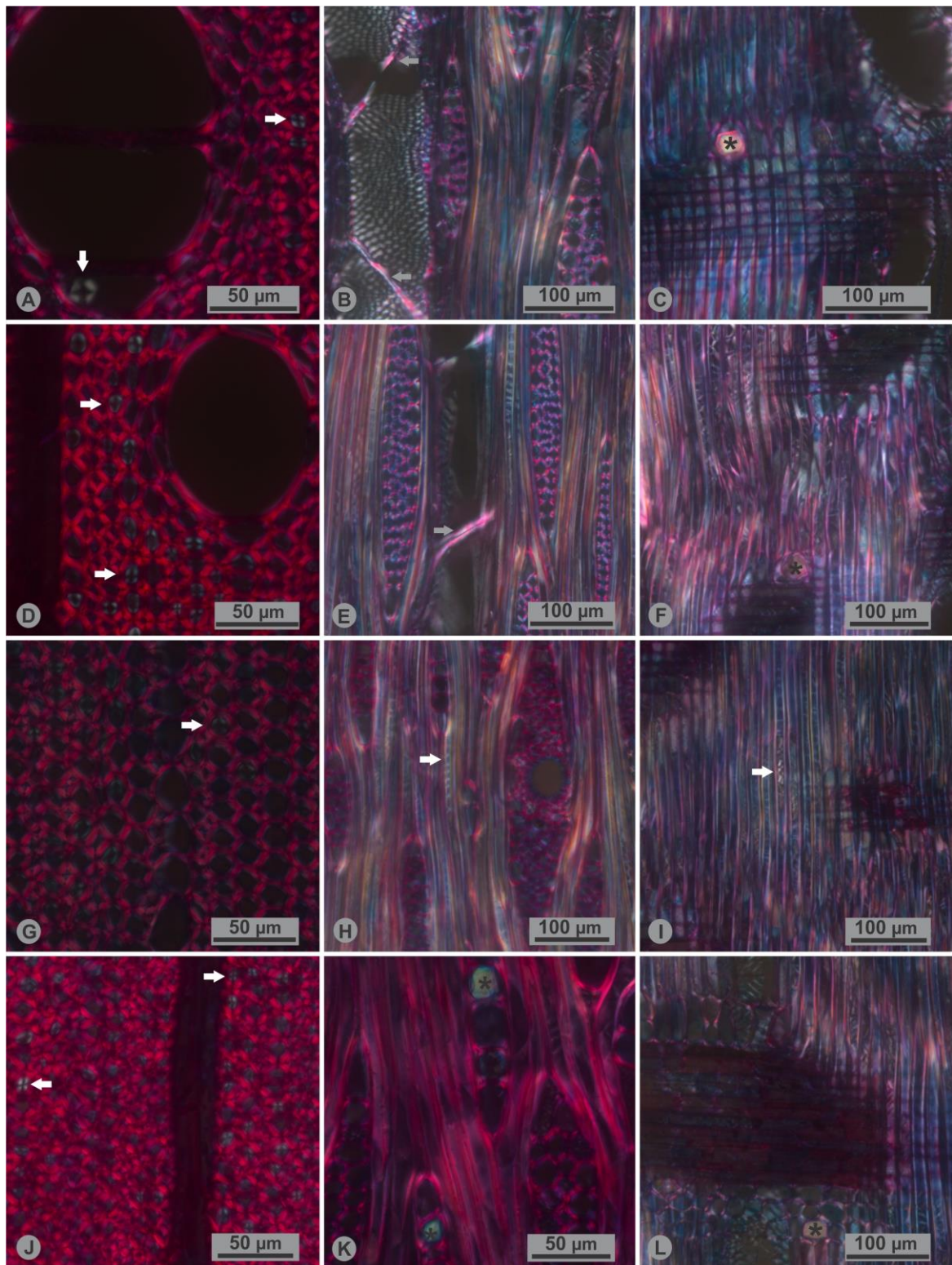


Figura 4: Imagens em luz polarizada de secções do lenho de *Astronium fraxinifolium*. (A, B, C, G, H e I) Árvores femininas; (D, E, F, J, K e L) Árvores Masculinas; (A, B, C, D, E e F) Árvores da área impactada; (G, H, I, J, K e L) Árvores da área não impactada. **Setas brancas:** Amido refringente e com cruz de malta no interior de fibras e vasos. **Setas cinzas:** Refringência da celulose presente nos elementos de vaso. (*): Cristais prismáticos, localizados nas bordas do raio parenquimático, brilhando com a incidência de luz polarizada. (Fonte: próprio autor)

3.3 Dados estatísticos

Na tabela 1 é mostrado as comparações anatômicas feitas entre as áreas de estudo e também entre a anatomia dos diferentes sexos das árvores, nela é apresentado a média bem como desvio padrão e as diferenças significativas que foram encontradas. De todas as variáveis analisadas somente o comprimento das fibras (Figura 5 e 6 C e D) não diferiu significativamente entre todas as análises ($p > 0,05$).

Na comparação entre as áreas, as variáveis altura de raios parenquimáticos (312,38 μm para área impactada e 271,43 μm para área não impactada) e comprimento dos elementos de vasos (Figura 5 e 6 A e B) (350,88 μm para área impactada e 324,10 μm para a área não impactada) possuem maiores diferenças significativas entre médias. Outras, como parede de fibras (3,17 μm para área impactada e 3,03 μm para área não impactada) deram diferenças significativas com pouca diferença entre as médias.

Com relação ao dimorfismo sexual anatômico do caule de Gonçalo-Alves, algumas variáveis tiveram diferença significativa, como as pontoações intervasculares (Figura 5 e 6 E e F), que diferiram entre os sexos, mas não entre as áreas. Em alguns casos, a variável foi diferente em apenas um grupo, como por exemplo, a largura dos raios parenquimáticos onde apenas as plantas femininas da área não impactada (média igual à 39,27 μm) tiveram diferença significativa das demais. O mesmo ocorreu com o lúmen das fibras, onde houve diferença apenas em árvores masculinas da área não impactada (7,63 μm).

Outra análise realizada, foi a influência do impacto da área sobre o sexo da planta. A variável diâmetro dos vasos apresenta diferença significativa entre as áreas, porém não entre os sexos da mesma área, por exemplo, as plantas masculinas não apresentam diferença significativa das plantas femininas da mesma área, porém, quando comparadas com as da outra área a diferença foi observada. O mesmo ocorre parcialmente com outras variáveis, nas paredes de fibras não se observa diferença entre masculinas e femininas de ambas as áreas, porém foi visto que as árvores masculinas da área não impactada não apresenta diferença significativa entre todas as outras comparadas.

Foi observado que as médias das plantas que cresceram no ambiente impactado diferiram apenas em comprimento do elemento de vaso, quando feita a comparação entre sexos. Já na área não impactada houve mais variáveis que diferiram com a mesma comparação. Sendo assim, pode-se afirmar que o estresse ambiental pode afetar o dimorfismo sexual em plantas de *Astronium fraxinifolium*.

Tabela 1: Medições das variáveis de *Astronium fraxinifolium* das árvores masculinas e femininas, crescidas em área impactada e não impactada. Os valores correspondem as médias de cada variável em cada situação. Letras diferentes indicam diferenças estatística significativa. Letras minúsculas são comparadas com letras minúsculas e as maiúsculas com letras maiúsculas. Média Total significa os valores de cada variável das áreas independente do sexo das árvores.

Variável	Área Impactada			Área Não Impactada		
	Masculina	Feminina	Média Total	Masculina	Feminina	Média Total
Raios parenquimáticos						
Altura	310,81±65,19 ^a	314,16±61,70 ^a	312,38±63,56 ^A	288,47±60,92 ^b	255,60±56,14 ^c	271,43±60,72 ^B
Largura	42,89±9,46 ^a	43±10±8,69 ^a	42,99±9,10 ^A	43,40±9,41 ^a	39,27±9,33 ^b	41,26±9,59 ^B
Fibra						
Lúmen	6,90±1,67 ^a	6,75±1,58 ^a	6,83±1,63 ^A	7,63±2,23 ^b	6,69±1,60 ^a	7,14±1,98 ^B
Parede	3,17±0,7 ^a	3,17±0,69 ^a	3,17±0,69 ^A	3,05±0,81 ^{a,b}	3,01±0,75 ^b	3,03±0,78 ^B
Comprimento	1040±154,40 ^a	1063,94±179,99 ^a	1051,57±167,25 ^A	1057,93±145,93 ^a	1051,77±159,27 ^a	1054,74±152,92 ^A
Vasos						
Diâmetro	109,84±15,51 ^a	110,13±15,77 ^a	109,98±15,63 ^A	105,33±12,98 ^b	104,63±15,97 ^b	104,97±14,60 ^B
Frequência	19,93±55,81 ^{a,c}	19,40±5,92 ^a	19,67±5,86 ^A	21,73±6,22 ^b	21,44±6,53 ^{b,c}	21,58±6,37 ^B
Comprimento do elemento	240,38±68,62 ^a	362,19±76,05 ^b	350,88±73,27 ^A	325,16±70,86 ^a	327,23±73,76 ^a	324,10±71,29 ^B
Pontoações intervaskulares						
Diâmetro	5,10±1,42 ^{a,b}	5,23±1,10 ^a	5,20±1,31 ^A	5,30±0,99 ^a	4,66±0,83 ^b	5,30±0,99 ^A
Largura	1,71±0,37 ^a	1,61±0,38 ^a	1,66±0,38 ^A	1,66±0,31 ^a	1,93±0,30 ^b	1,66±0,31 ^A

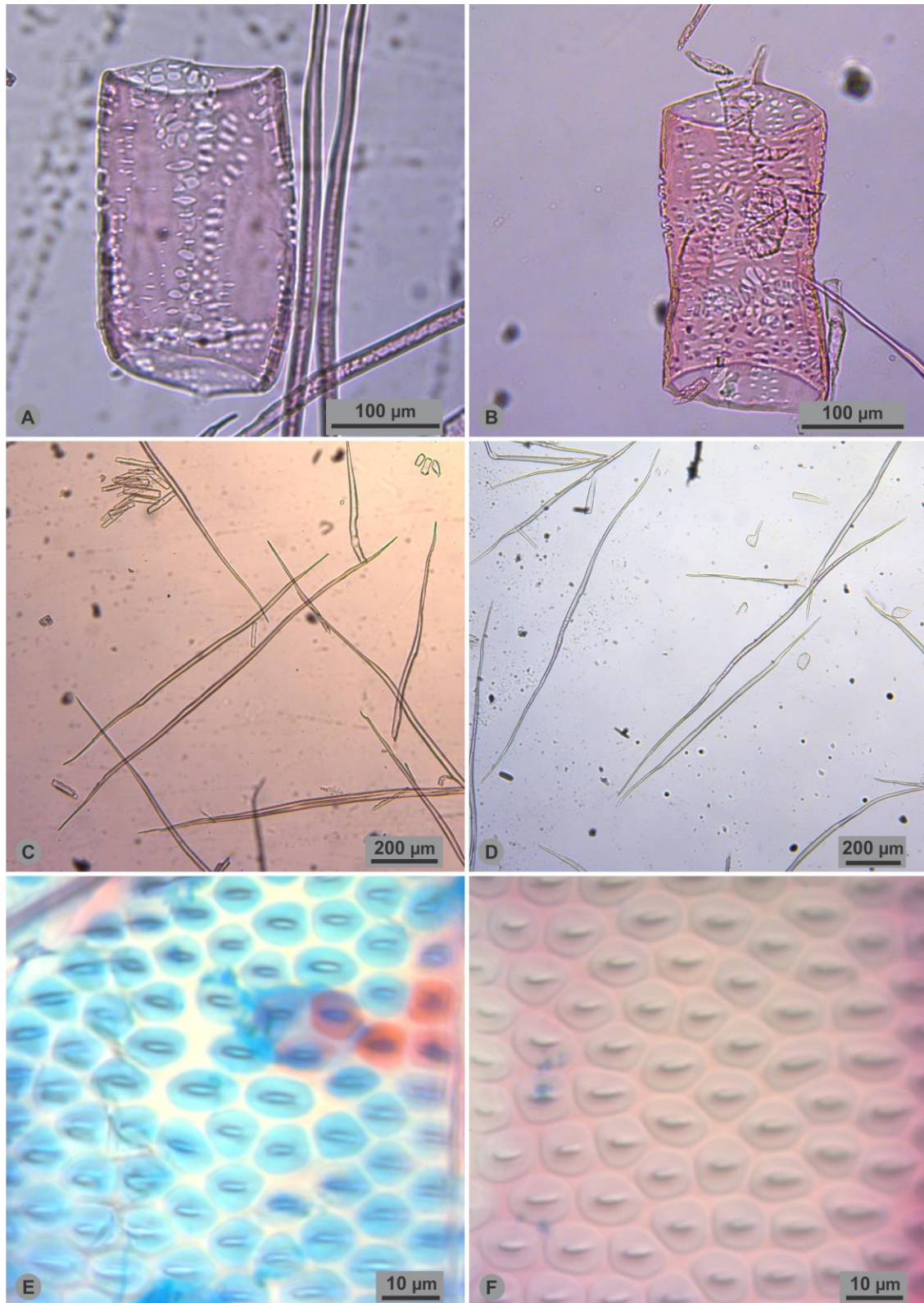


Figura 5: Elementos celulares dissociados isolados e pontuações intravasculares do lenho de *Astronium fraxinifolium* da área não impactada. **(A)** Elemento de vaso isolado de árvore masculina; **(B)** Elemento de vaso isolado de árvores feminina; **(C)** Fibras dissociadas de árvores masculinas; **(D)** Fibras dissociadas de árvores femininas; **(E)** Pontuações intravasculares de árvores masculinas; **(F)** Pontuações intravasculares de árvores femininas. (Fonte: próprio autor)

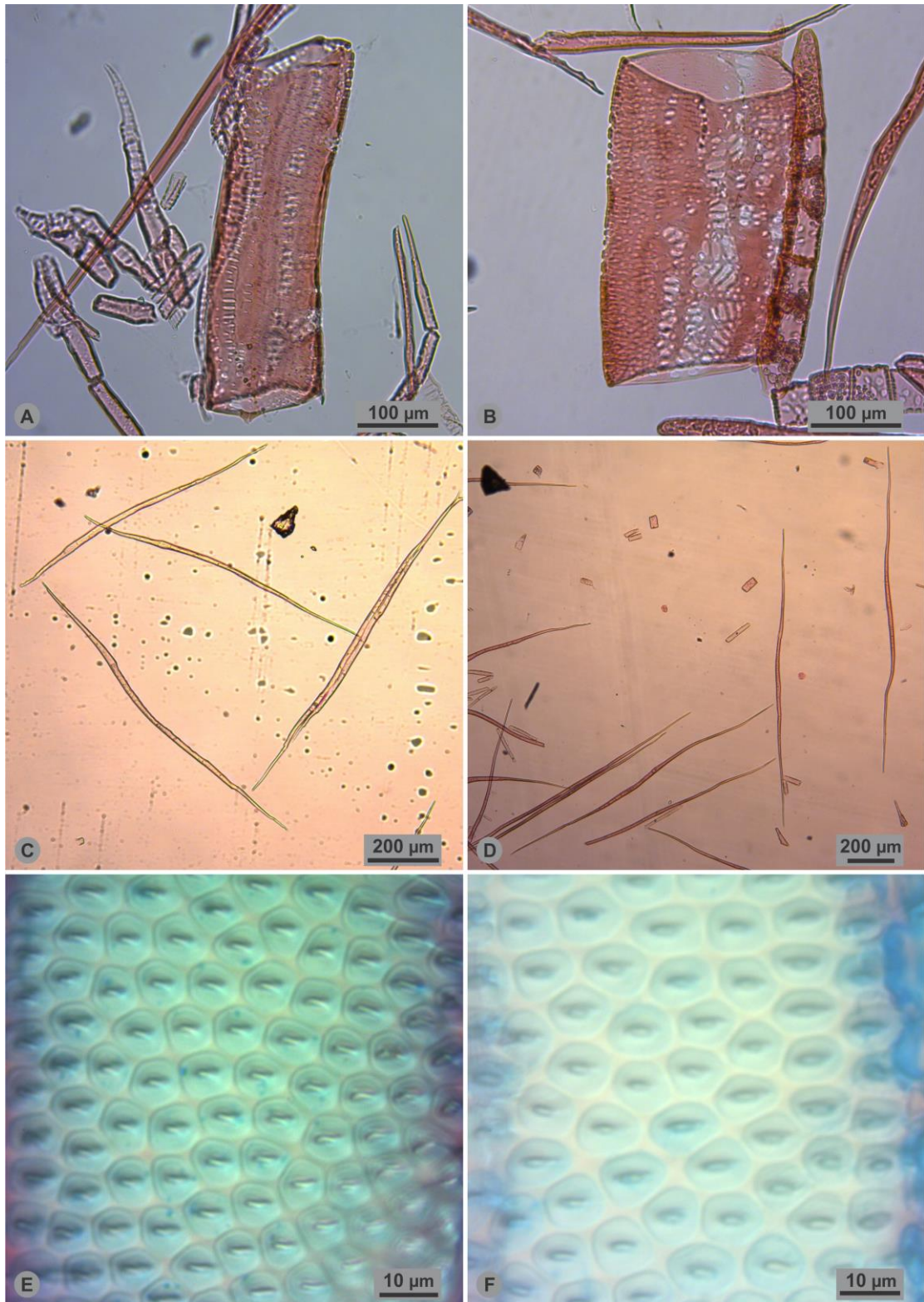


Figura 6: Elementos celulares dissociados isolados e pontuações intravasculares do lenho de *Astronium fraxinifolium* da área impactada. **(A)** Elemento de vaso isolado de árvore masculina; **(B)** Elemento de vaso isolado de árvores feminina; **(C)** Fibras dissociadas de árvores masculinas; **(D)** Fibras dissociadas de árvores femininas; **(E)** Pontuações intravasculares de árvores masculinas; **(F)** Pontuações intravasculares de árvores femininas. (Fonte: próprio autor)

4. DISCUSSÃO

A descrição anatômica para *Astronium fraxinifolium* foi feita com base na IAWA Committee (1989) e comparadas com a base de dados *online* InsideWood (2004). Seguindo a chave anatômica da base de dados, foi possível chegar até o nível de espécie. Wheeler (2011) afirma que a base de dados apresenta mais de 5800 descrições anatômicas o que incluem mais de 200 famílias vegetais, além de ser uma ferramenta que pode ajudar na identificação de espécies. Gupta & Agarwal (2008), ao estudarem algumas espécies de Anacardiaceae, descreveram que as de clima tropical apresentam porosidade difusa, fibras e elementos de vasos mais longos, anéis indistintos, perfurações simples, as pontuações de parede alternadas sem ornamentos, parênquima paratraqueal escasso.

Os resultados mostram que a diferença mais acentuada se deu entre a anatomia dos diferentes sexos de *Astronium fraxinifolium*. Para Nakagawa *et al.* (2015), ao estudarem duas espécies de *Lindera*, afirmaram que houve diferença na densidade e na quantidade de ramos entre árvores masculinas e femininas, ainda afirmam que as árvores femininas tiveram uma biomassa foliar maior que as árvores masculinas. Conn & Blum (1981) afirmaram que a maior biomassa em plantas femininas de *Rumex hastatulus*, se caracteriza como reserva que será alocada como recursos para a formação de sementes.

Da mesma forma Agren (1988) observou que as plantas femininas da espécie *Rubus chamaemorus* apresentavam folhas menores nos ramos que continham frutos em maturação. Slot *et al.* (2012) afirmaram que *Quercus pubescens*, em condição seca, investe em alocação de recursos para as raízes ao invés dos ramos e folhas. Lie & Xue (2015) chegaram ao resultado de que a alocação da biomassa é priorizada de acordo com a idade da planta, em plantas maduras raízes e caules, enquanto que árvores juvenis folhas e galhos, justificado pela competição ambiental. As plantas femininas alocam menos biomassa, nitrogênio e fosforo para os ramos do que as plantas masculinas, embora os frutos tenham maior quantidade desses elementos do que as flores masculinas (AGREN, 1988).

Outro resultado encontrado foi que o ambiente impactado tende a modificar as características anatômicas da *Astronium fraxinifolium*. Vejputskova *et al.* (2016) encontraram resultados parecidos com os do presente trabalho, descrevendo a anatomia de *Picea abies* submetida a ambientes estressantes.

Giagli *et al.* (2016), analisando *Fagus sylvatica* (Fagaceae), encontraram que no ano mais seco, os elementos de vaso foram menores e que houve diminuição da taxa de divisão das células do câmbio vascular, antecipando a sua parada. Scholz *et al.* (2014) apresentaram

resultados de que em locais com maior umidade os indivíduos de *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea* e *Ocotea veraquensis* apresentaram vasos xilêmáticos com maiores diâmetros. Um maior índice de agrupamento de vasos condutores diminui o risco de embolismo no fluxo ascendente da planta (AYUP *et al.*, 2015).

Guet *et al.* (2015) afirmaram que indivíduos que apresentam menores diâmetros de vasos condutores apresentam menor eficiência na condutividade, porém alta resistência a cavitação. Scholz *et al.* (2013) descreveram que algumas espécies de *Prunus* apresentam correlação positiva com o agrupamento de vasos e resistência a cavitação. Para Lens *et al.* (2011) os elementos de vasos com maior comprimento tendem a ser mais vulneráveis a cavitação do que vasos com menor comprimento.

Comparando ambientes de floresta e cerrado, Machado *et al.* (2007) descreveram que os vasos das espécies da floresta apresentam maiores diâmetro no caule, enquanto que as espécies de cerrado apresentaram o mesmo nos vasos da raiz. Jono *et al.* (2013) mostraram que as características de *Roupala rhombifolia* diferem de um ambiente para outro, sendo maiores nos locais com maior disponibilidade hídrica e menores nos locais mais secos.

Características como pontuações intravasculares também pode sofrer influência do ambiente em que a planta é encontrada. Ayup *et al.* (2015) descreveram que pontuações mais estreitas são menos vulneráveis a cavitação em *Populus euphratica* e *Tamarix ramosissima*. Pontuações com o formato aproximadamente elíptico são mais resistentes a cavitação (LENS *et al.*, 2011). A espessura da parede das fibras pode variar, Cuzzuol *et al.* (2013) afirmaram que *Caesalpinia echinata* adubada com N, P e K apresentaram uma diminuição da espessura da parede secundária. Giagli *et al.* (2016) afirmaram que a frequência de vasos aumenta em resposta a ambientes secos. Micco *et al.* (2013) analisaram a resposta de *Pinus haspensis* a episódios de fogo e viram que há diminuição da espessura da parede da fibra e da quantidade e traqueídes.

Para Longui *et al.* (2014), que estudaram *Ocotea curucutensis* em dois locais distintos, as diferenças anatômicas da espécie estão mais relacionadas com o diâmetro e a altura dos indivíduos do que com o clima de cada região. Scholz *et al.* (2014) descrevem que o comportamento natural da espécie influencia nas características anatômicas do caule de *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea* e *Ocotea veraquensis*.

Os carboidratos formados na fotossíntese podem ser estocados para manutenção de tecidos e para o crescimento ou ainda podem ser imediatamente transportados e utilizados para a formação de novos órgãos (ROCHA, 2013). Para Patel (2013) a acumulação de amido nas células do lenho da planta, está intimamente ligada à atividade sazonal do câmbio. De

acordo com Yamada *et al.* (2011) *Robinia pseudoacacia* apresenta amido em suas fibras o que também pode estar relacionado com a sazonalidade da planta.

Fahn & Leshem (1963) encontraram fibras com protoplasto vivo, núcleo funcional e densas quantidades de amido no alburno de *Calligonum comosum* e *Tamarix* spp., atribuindo esse tipo de condição a uma vantagem adaptativa a condições desfavoráveis. Dumbroff & Elmore (1977) obtiveram a mesma resposta nos estudos com plântulas de *Acer saccharum*, em que foram observadas fibras vivas e mortas contendo grãos de amido possivelmente como uma importante característica de sobrevivência das plântulas. Luethy-Krause & Landolt (1990) avaliaram a estocagem de amido em função do efeito do ozônio em *Picea abies* e descreveram que a translocação do amido resultante da fotossíntese não ocorre, sendo assim, o estoque da substância acaba sendo dentro do cloroplasto na folha.

As plantas lenhosas que apresentam alburno estreito possuem uma menor quantidade de células parenquimáticas, então a estocagem de amido em fibras da madeira seria uma forma de compensar o pouco parênquima e não comprometer a força mecânica da árvore (YAMADA *et al.*, 2011).

5. CONCLUSÃO

É possível verificar que houve diferença entre as árvores da FEPE localizadas em diferentes áreas. Alguns caracteres anatômicos foram influenciados pela situação estressante do local. A outra avaliação feita, sobre o dimorfismo sexual, apresentou-se mais presente nas árvores localizadas no ambiente não impactado. Isso é mais um indício de que o ambiente perturbado exerceu uma pressão sobre *Astronium fraxinifolium* e este expressou características em resposta.

6. REFERÊNCIAS

- ABE, H. & NAKAI, T. Effect of the water status within a tree on tracheid morphogenesis in *Cryptomeria japonica* D. Don. **Trees**, v. 14, p. 124-129, 1999.
- ÅGREN, J. Sexual differences in biomass and nutrient allocation in the dioecious *Rubus chamaemorus*. **Ecology**, v. 69, n.4, p. 962-973, 1988.

AYUP, M.; CHEN, Y.N.; NYONGESAH, M.J.; ZHANG, Y.M.; RAJPUT, V.D.; ZHU, C.G. Xylem anatomy and hydraulic traits of two co-occurring riparian desert plants. **IAWA Journal**, v. 36, n. 1, p. 69-83, 2015.

BOSIO, F.; SOFFIATI, P.; BOEGER, M.R.T. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. **IAWA Journal**, v. 31(2), p. 179-190, 2010.

BRODRIBB, T.J.; PITTERMANN, J.; COOMES, D.A. **Elegance versus speed:** examining the competition between conifer and angiosperm trees. **Int. J. Plant Sci.**, v. 173, p. 673–694, 2012.

BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. Nobel: São Paulo, 1991.

BERLYN, G.P. & MIKSCHE, J.P. Botanical microtechnique and cytochemistry. **Ames**, The Iowa State Press, 326p., 1976.

CARLSQUIST, S. **Comparative wood anatomy:** systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledons wood. Springer Verlag: Berlin, 2001.

CHOAT, B.; JANSEN, S.; BRODRIBB, T.J.; COCHARD, H.; DELZON, S.; BHASKAR, R.; BUCCI, S.J.; FIELD, T.S.; GLEASON, S.M.; HACKE, U.G.; JACOBSEN, A.L.; LENS, F.; MAHERALI, H.; MARTINEZ-VILALTA, J.; MAYR, S.; MENCUCCINI, M.; MITCHELL, P.J.; NARDINI, A.; PITTERMANN, J.; PRATT, R.B.; SPERRY, J.S.; WESTOBY, M.; WRIGHT, I.J.; ZANNE, A.E. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. **Nature**, v. 491, p. 752–755, 2012.

CORADIN, V. & MUÑIZ, G. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira** - I Angiospermae II Gimnospermae. Brasília, 1991

CONN, J.S. & BLUM, U. Differentiation between the sexes of *Rumex hastatulus* in net energy allocation flowering and height. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 108, n.4, p. 446-455, 1981.

CURY, G; TOMAZELLO-FILHO, M; LISI, C.S. Aplicação de método não destrutivo na coleta de amostras de madeira de espécies arbóreas nativas para estudo anatômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1.

Santa Maria. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2001 p. 80 – 89.

CUZZUOL, G.R.F.; MILANEZ, C.R.D.; GOMES, J.M.L., LABATE, C.A.; CANAL, E.C. Relationship between N, P, and K and the quality and stem structural characteristics of *Caesalpinia echinata* Lam. plants. **Trees**, v. 27, p.1477-1484, 2013.

DICKISON, W.C. **Integrative plant anatomy**. Harcourt Academic Press, San Diego, p. 533, 2000.

DORIA, L.C.; PODADERA, D.S.; BATALHA, M.A.; LIMA, R.S.; MARCATI, C.R. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado? **Flora**, v. 224, p. 244-251, 2016.

DUMBROFF, E.B. & ELMORE, H.W. Living fibres are principal feature of the xylem in seedling of *Acer saccharum* Marsh. **Annals of Botany**, v. 14, n. 172, p. 471-472, 1977.

FAHN, A. & LESHEM, B. Wood fibers with living protoplasts. **New Phytol**, v.62, p. 91-98, 1962.

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

GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R.; BULIGON, E.A.; GALEGARI, L.; STANGERLIN, D.M.; OLIVEIRA, L.S.; SANTINI, E.J. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricate* Mart. **Ciência Florestal**: Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 535-540, 2008.

GIAGLI, K.; GRIČAR, J.; VAVRČIK, H.; MENŠIK, L.; GRYE, V. The effects of drought on wood formation in *Fagus sylvatica* during two contrasting years. **IAWA Journal**, v. 37, n. 2, p. 332-348, 2016.

GUET, J.; FICHOT, R.; LÉDÉE, C.; LAURANS, F.; COCHARD, H.; DELZON, S.; BASIEN, C.; BRIGNOLAS, F. Stem xylem resistance to cavitation is related to xylem structure but not to growth and water-use efficiency at the within-population level in *Populus nigra* L. **J Exp Bot**, v. 66, n. 15, p. 4643-4652, 2015.

GUPTA, S. & AGARWAL, M. Wood anatomy of Anacardiaceae from India with special reference to systematic position of *Rhus*. **IAWA Journal**, v. 29, n. 1, p. 79-106, 2008.

HACKE, U.G.; SPERRY, J.S.; WHEELER, J.K.; CASTRO, L. Scaling of angiosperm xylem structure with safety and efficiency. **Tree Physiol**, v. 26, p. 689-701, 2006.

HAMMER Ø, HARPER D.A.T., RYAN P.D. **Past**: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontol Electron**, v. 4, n. 1, 9 p, 2001.

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

INSIDEWOOD. 2004-onwards. <<http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>>. Acesso em: 02/12/2015.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry: principle and practice**. San Francisco, W. H. Freeman. 1962.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York; McGraw-Hill Company Inc., p. 523. 1940.

JONO, V.; LOCOSSELLI, G.M.; CECCANTINI, G. The influence of tree size and microenvironmental changes on the wood anatomy of *Roupala rhombifolia*. **IAWA Journal**, v. 34, n. 1, p. 88-106, 2013.

LENS, F.; SPERRY, J.S.; CHRISTMAN, M.A.; CHOAT, B.; RABAEY, D.; JANSEN, S. Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. **New Phytologist**, v. 190, p. 709-723, 2011.

LIE, G. & XUE, L. Biomass allocation patterns in forest growing different climatic zones of China. **Trees**, Published Online DOI 10.1007/s00468-015-1306-0, 2015.

LIMA, I.L.; MASTELIN, S.M.; LONGUI, E.L.; FREITAS, M.L.M.; ROMEIRO, D.; ZANATTO, A.C.S.; FLORSHEIM, S.M.B. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da precedência e posição radial. **Rev. Inst. Flo.** v. 23, n. 2, p. 217-230, 2011a.

LIMA, I.L.; GARCIA, R.; LONGUI, E.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco. **Sci. For., Piracicaba**, v. 39, n. 89, p. 61-68, 2011b.

LONGUI, E.L.; ASSAD, A.; ARZOLLA, F.A.R.D.P.; VILELA, F.E.S.P.; BAITELLO, J.B.; LIMA, I.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Ecological wood anatomy of *Ocotea curucutuensis*. **IAWA Journal**, v. 35, n. 4, p. 356-362, 2014.

LUETHY-KRAUSE, B. & LANDOLT, W. Effects of ozone on starch accumulation in Norway spruce (*Picea abies*). **Trees**, v. 4, p. 107-110, 1990.

MACHADO, S.R.; RODELLA, R.A.; ANGYALOSSY, V.; MARCATI, C.R. Structural variations in root and stem wood of *Styrax* (Styracaceae) from Brazilian forest and cerrado. **IAWA Journal**, v. 28, n.2, p.173-188, 2007.

MAHERALI, H.; POCKMAN, W.T.; JACKSON, R.B. Adaptative variation in the vulnerability of woody plants to xylem cavitation. **Ecology**, v. 85, p. 2184-2199, 2004.

MICCO, V.; ZALLONI, E.; BALZANO, A.; BATTIPAGLIA, G. **Fire influence on *Pinus halepensis***: wood responses close and far from the scars. **IAWA Journal**, v. 34, n.4, p. 446-458, 2013.

MOYA, R. & TOMAZELLO-FILHO, M. Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. **Rev. Biol. Trop.**, v. 56(2), p. 689-704, 2008.

NAKAGAWA, M.; ISOGIMI, T.; INANAGA, M.; ABE, K.; OKADA, T.; YOICHI, W.; KOBAYAKAWA, K.; TOYAMA, C.; ITO, K.; KAWASHIMA, N.; OTANI, K.; HORI, M.; TANI, S.; HIGUCHI, K.; ASANO, I.; KAWAHARA, K.; YAMAUCHI, A.; KATO, D.; MATSUSHITA, M. Inter-specific and sexual differences in architectural traits of two dioecious *Lindera* species (Lauraceae). **Plant Ecol.**, v. 216, p. 99-109, 2015.

PEARSE, A.G. Histochemistry, theoretical and applied. **Churchill Livingstone**, 1968.

PATEL, V.R. **Seasonal variations in the cambial anatomy and xylogenesis in some tropical tree species**. Tese: Universidade de Sardar Patel, Vallabh Vidyanagar, Gujarat, India, 2013.

ROCHA, A.V. Tracking carbon within the trees. **New Phytol.**, v. 197, p. 685-686, 2013.

RUDALL, P. **Anatomy of the flowering plants:** an introduction to structure and development. 2^a ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

SCHREIBER, S.; HACKE, U.G.; HAMANN, A. Variation of xylem vessel diameters across a climate gradient: insight from a reciprocal transplant experiment with a widespread boreal tree. **Funct. Ecol.**, v. 29, p. 1392-1401, 2015.

SCHOLZ, A.; STEIN, A.; CHOAT, B.; JANSEN, S. How drought and deciduousness shape xylem plasticity in three Costa Rican woody plant species. **IAWA Journal**, v. 35, n.4, p. 337-355, 2014.

SCHOLZ, A.; RABAEY, D.; STEIN, A.; COCHARD, H.; SMETS, E.; JANSEN, S. The evolution and function of vessel and pit characters with respect to cavitation resistance across 10 *Prunus* species. **Tree Physiol.**, v. 33, n. 7, p. 684-694, 2013.

SLOT, M.; JANSEN- TEN KLOSSTER, S.H.; STERCK, F.J.; SASS-KLAASSEN; ZWEIFEL, R. A lifetime perspective of biomass allocation in *Quercus pubescens* trees in a dry, alpine valley. **Trees**, v. 26, p. 1661-1668, 2012.

SPERRY, J.S.; HACKE, U.G.; OREN, R.; COMSTOCK, J.P. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 251-263, 2002.

WHEELER, E.A. **Insidewood** – a web resource for hardwood anatomy. **IAWA Journal**, v. 32, n. 2, p. 199-211, 2011.

VEJPUŠKOVÁ, M.; ČIHÁK, T.; SAMUSEVICH, A.; ZEIDLER, A.; NOVOTNÝ, R.; ŠRÁMEK, V. Interactive effect of extreme climatic event and pollution load on growth and wood anatomy of spruce. **Trees**, Published Online, DOI 10.1007/s00468-016-1491-5, 2016.

YAMADA, Y.; AWANO, T.; FUJITA, M.; TAKABE, K. Living wood fibers act as large-capacity “single-use” starch storage in black locust (*Robinia pseudoacacia*). **Trees**, v. 25, p. 607-616, 2011.

ZIMMERMANN, M.H. **Xylem structure and the ascent of sap.** 1 ed. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1983, 146p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A densidade aparente de *Astronium fraxinifolium* parece estar relacionada ao ambiente, mostrando que este exerce uma influência na característica estudada.
- Os constituintes químicos estruturais da madeira de *A. fraxinifolium* não apresentaram modificações quando comparadas as áreas de estudo. A principal diferença se deu na direção do crescimento radial da espécie. Quanto a comparação entre plantas masculinas e femininas, poucas diferenças químicas foram encontradas.
- A anatomia do xilema secundário da espécie mostrou-se diferente entre as áreas comparadas, indicando que *A. fraxinifolium* apresenta resposta fenotípica adaptativa ao ambiente e isso está relacionado com a sobrevivência da espécie. Quanto ao dimorfismo sexual, ficou evidente que plantas masculinas e femininas diferem em algumas características anatômicas da madeira.

APÊNDICE I

Tabela 1 – Tabela mostrando os dados de diâmetro a altura do peito (DAP em centímetros), altura total das árvores (em metros) de *Astronium fraxinifolium*, valores de densidade máxima, média e mínima das árvores femininas localizadas na área impactada, área de empréstimo de solo (FEPE – Bovinos).

Área Impactada					
Árvores Femininas	DAP (cm)	Altura (m)	Densidade Max	Densidade Média	Densidade Min
24	19,43	13	1,21	1,03	0,73
28	10,19	12	1,27	1,05	0,73
30	29,94	12	1,20	0,98	0,63
32	12,74	8,5	1,15	0,95	0,61
34	21,66	10	1,13	0,97	0,71
36	17,83	11,5	1,24	1,06	0,75
38	18,15	9	1,19	0,95	0,66
42	16,24	8	1,17	0,99	0,76
52	14,97	10,2	1,15	0,93	0,66
54	22,61	10	1,12	0,90	0,65
56	16,24	7,7	1,24	0,98	0,73
58	18,15	9	1,19	1,02	0,78
60	12,42	7	1,19	0,97	0,73

Tabela 2 – Tabela mostrando os dados de diâmetro a altura do peito (DAP, em centímetros), altura total das árvores (em metros) de *Astronium fraxinifolium*, valores de densidade máxima, média e mínima das árvores masculinas localizadas na área impactada, área de empréstimo de solo (FEPE – Bovinos).

Área Impactada					
Árvores Masculinas	DAP (cm)	Altura (m)	Densidade Max	Densidade Média	Densidade Min
21	12,10	6,5	1,16	0,97	0,67
25	9,87	7	1,14	0,96	0,71
27	14,96	8	1,13	0,90	0,66
33	16,24	9,9	1,12	0,96	0,76
35	15,60	8,5	1,13	0,97	0,76
37	19,42	9	1,24	1,05	0,78
39	15,60	7,5	1,19	1,00	0,76
51	10,82	6,6	1,26	1,05	0,85
53	20,06	11	1,14	0,98	0,76
55	20,38	10	1,11	0,95	0,71
57	17,83	10	1,14	0,95	0,70
59	14,64	7,2	1,15	0,94	0,73
61	15,60	8	1,25	1,00	0,74
63	14,96	6,1	1,15	1,00	0,82
65	12,73	7	1,23	1,02	0,74

Tabela 3 – Tabela mostrando os dados de diâmetro a altura do peito (DAP, em centímetros), altura total das árvores (em metros) de *Astronium fraxinifolium*, valores de densidade máxima, média e mínima das árvores femininas localizadas na área não impactada, área de consórcio de espécies nativas (FEPE – Cerrado).

Área Não Impactada					
Árvores Femininas	DAP (cm)	Altura (m)	Densidade Max	Densidade Média	Densidade Min
12	13,38	8	1,06	0,94	0,70
16	15,92	10	1,09	0,92	0,66
18	14,65	9	1,11	0,93	0,65
20	16,24	9	1,11	0,89	0,68
22	15,92	9	1,10	0,90	0,67
80	17,4	10	1,06	0,91	0,67
82	8,91	9,60	1,05	0,88	0,72
84	13,05	14,05	1,04	0,88	0,67
86	8,91	7,00	1,06	0,86	0,59
88	6,37	5,80	1,07	0,84	0,62
90	13,05	14,90	1,08	0,90	0,69
92	10,03	9,00	1,07	0,84	0,64
94	9,39	11,40	0,98	0,86	0,68
96	8,91	4,80	1,01	0,84	0,66
98	7,8	6,9	1,07	0,93	0,70

Tabela 4 – Tabela mostrando os dados de diâmetro a altura do peito (DAP, em centímetros), altura total das árvores (em metros) de *Astronium fraxinifolium*, valores de densidade máxima, média e mínima das árvores masculinas localizadas na área não impactada, área de consórcio de espécies nativas (FEPE – Cerrado).

Área Não Impactada					
Árvores Masculinas	DAP (cm)	Altura (m)	Densidade Max	Densidade Média	Densidade Min
3	11,15	7,5	1,13	0,93	0,71
5	13,06	7	1,11	0,95	0,77
7	14,33	8	1,09	0,92	0,74
9	14,97	7	1,12	0,92	0,70
11	21,34	10	1,13	0,93	0,71
13	12,42	8	1,12	0,89	0,64
15	13,38	9	1,05	0,86	0,61
67	12,74	6	1,09	0,92	0,72
75	17,83	9	1,08	0,92	0,72
81	8,91	9,00	1,02	0,85	0,63
85	11,4	12,8	1,13	0,92	0,68
87	8,98	7,9	1,10	0,89	0,59
89	8,91	8	1,04	0,89	0,71

APÊNDICE II

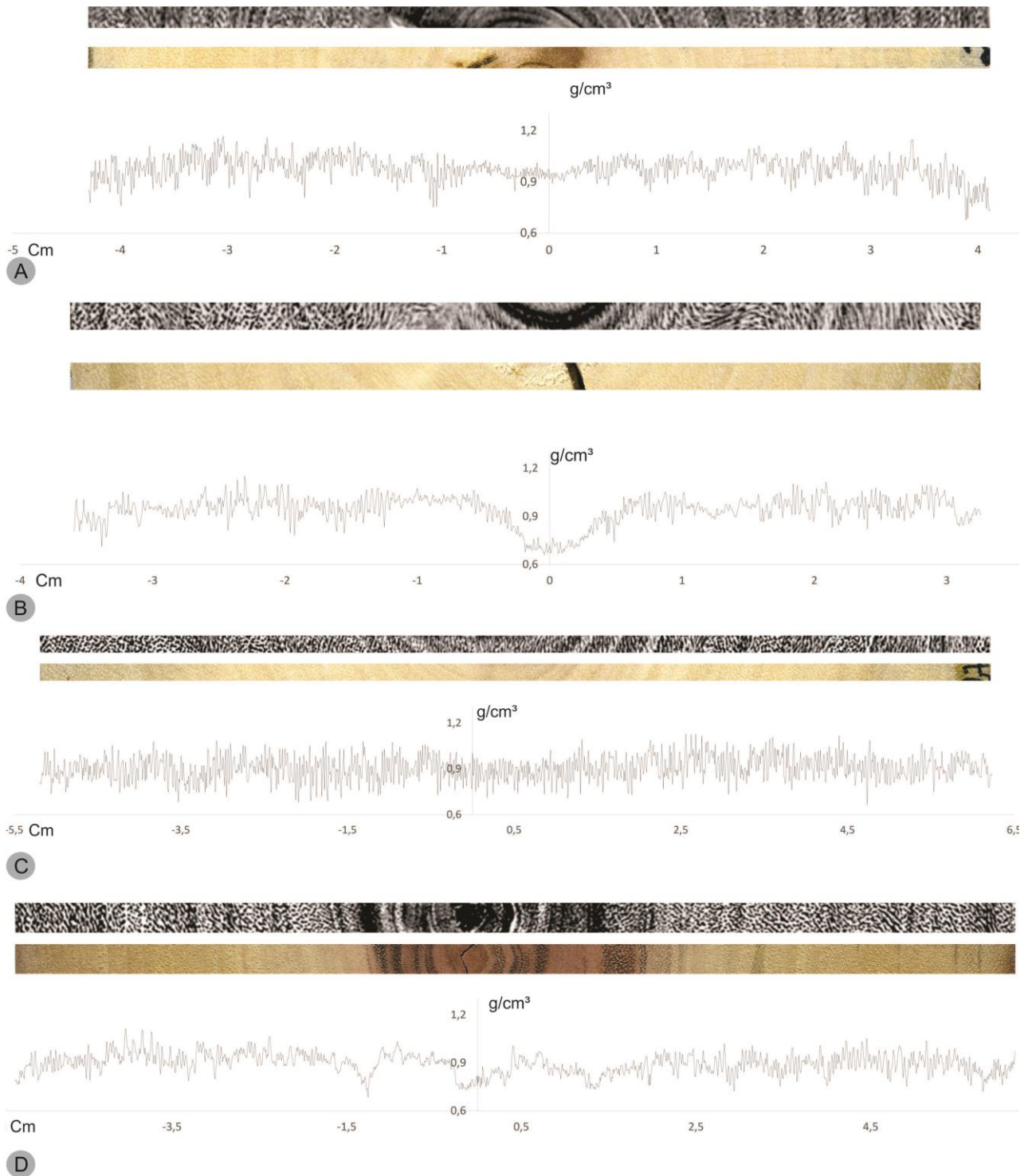


Figura 1 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

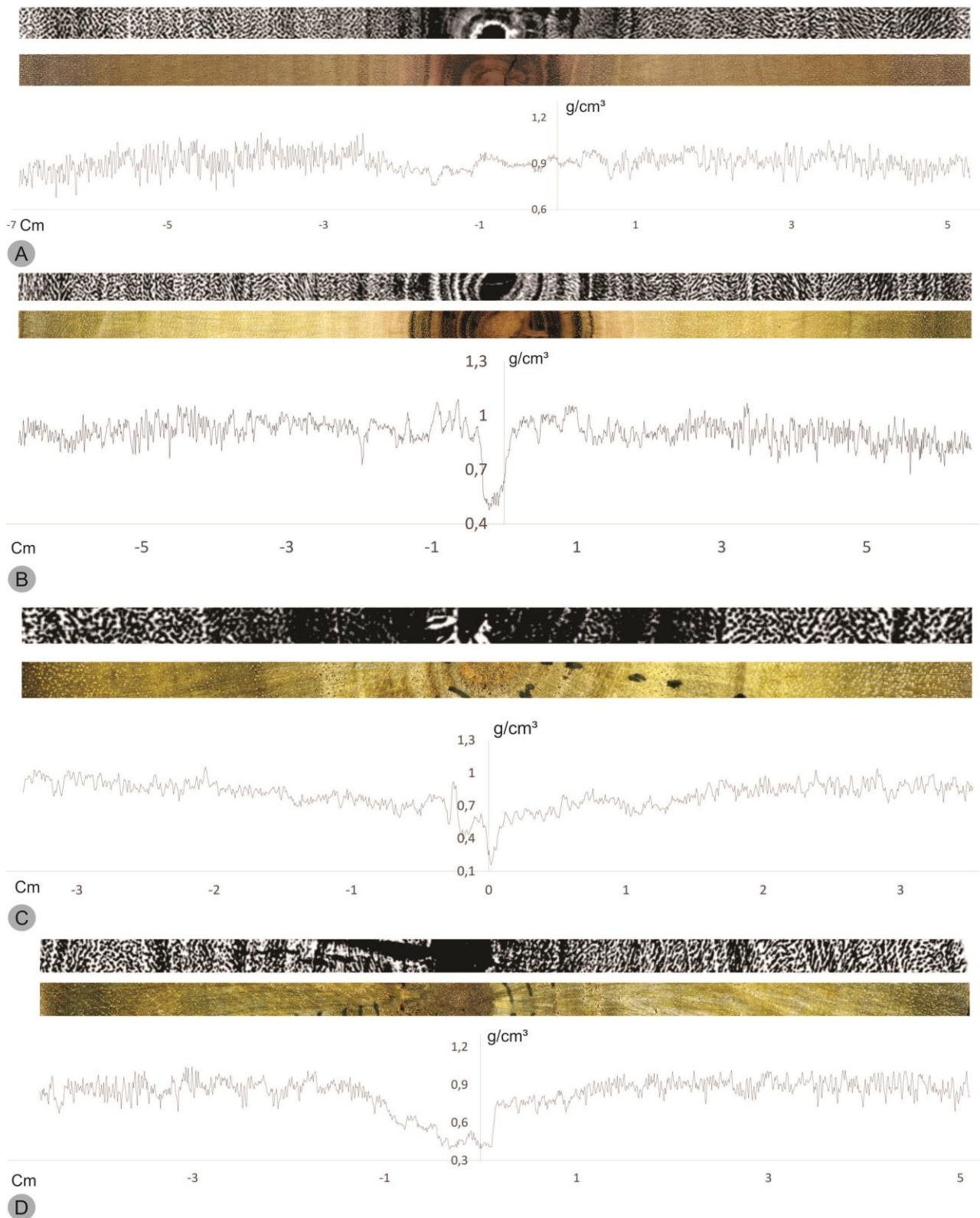


Figura 2 - Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

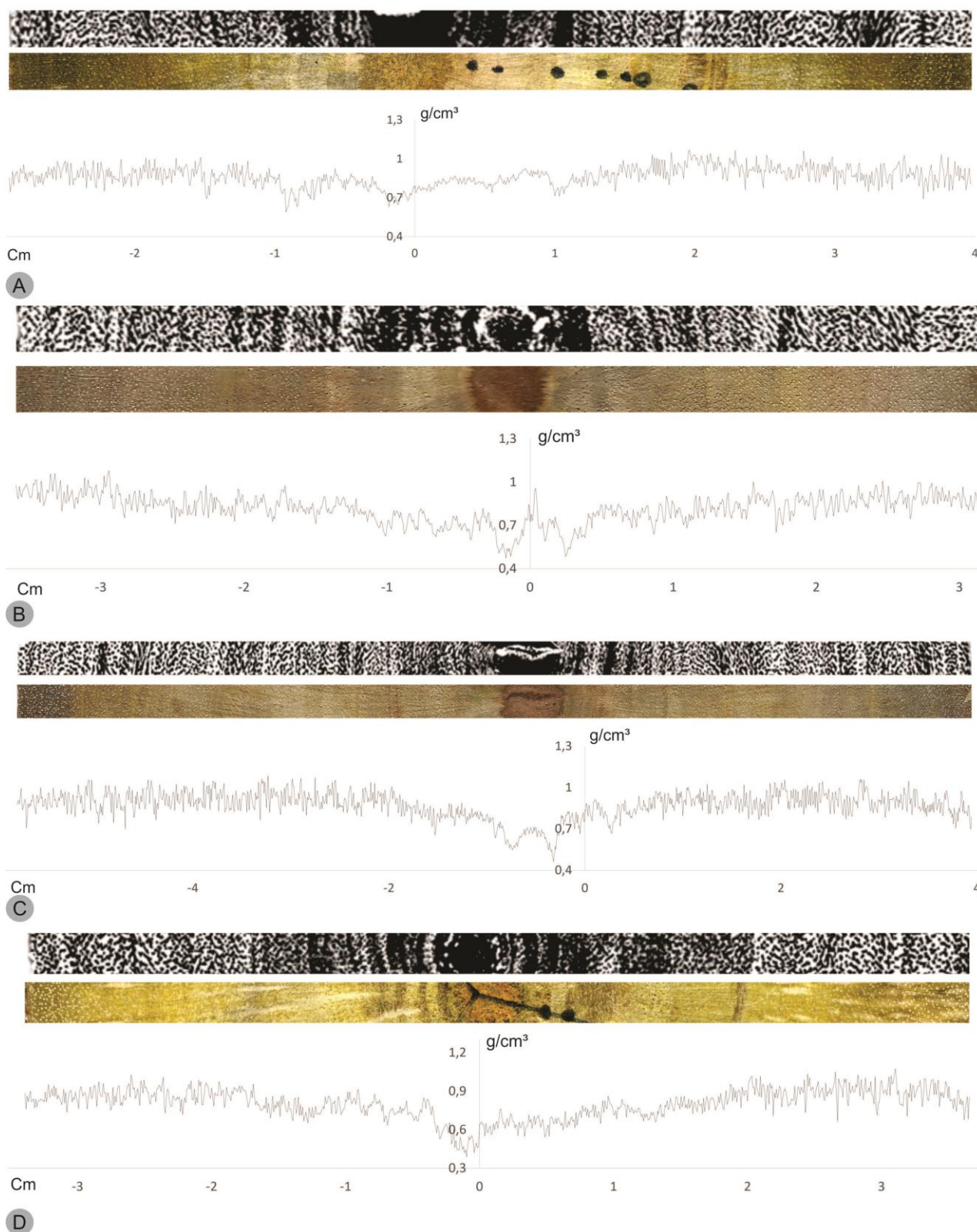


Figura 3 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm^3 .

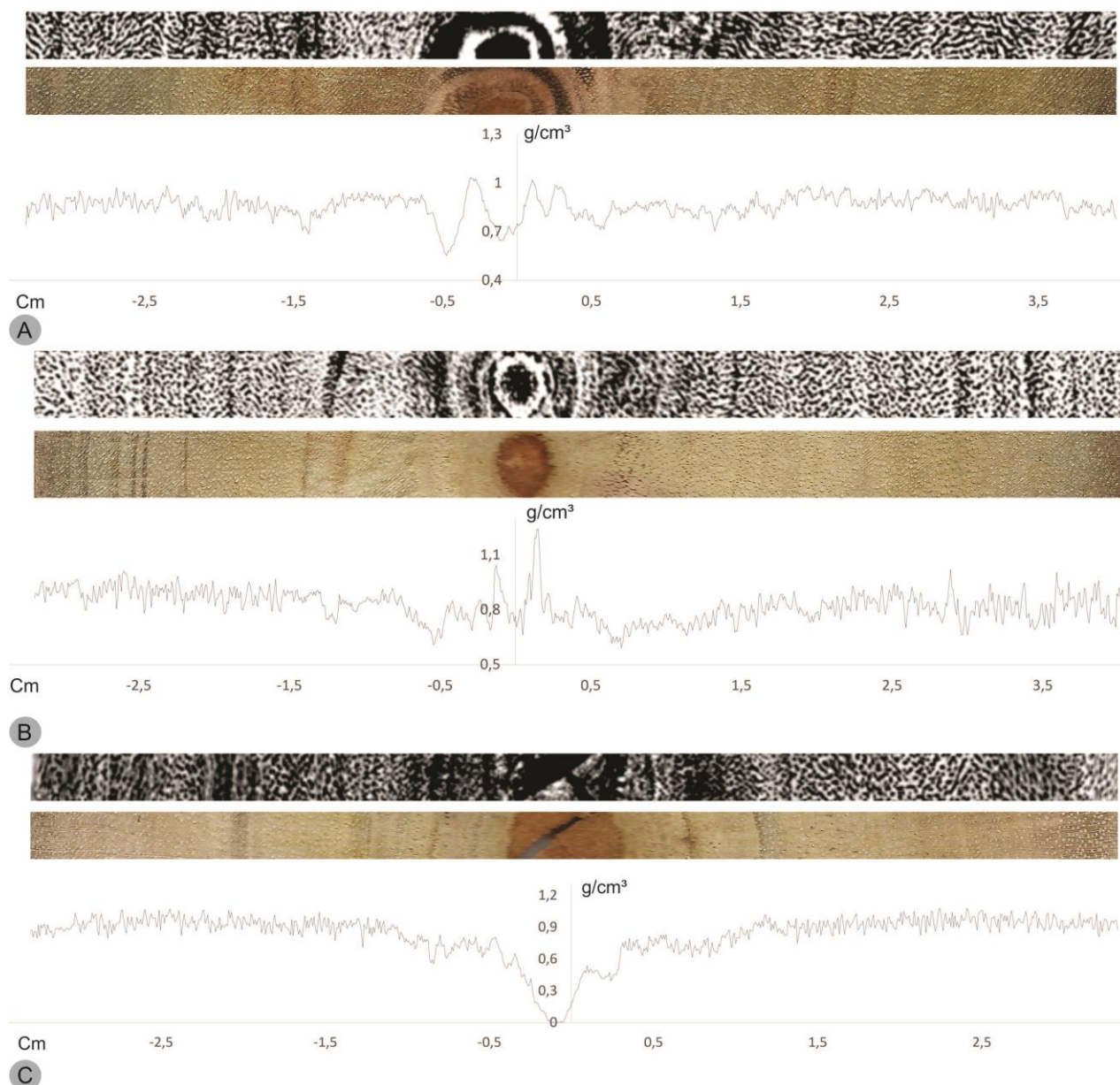


Figura 4 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm^3 .

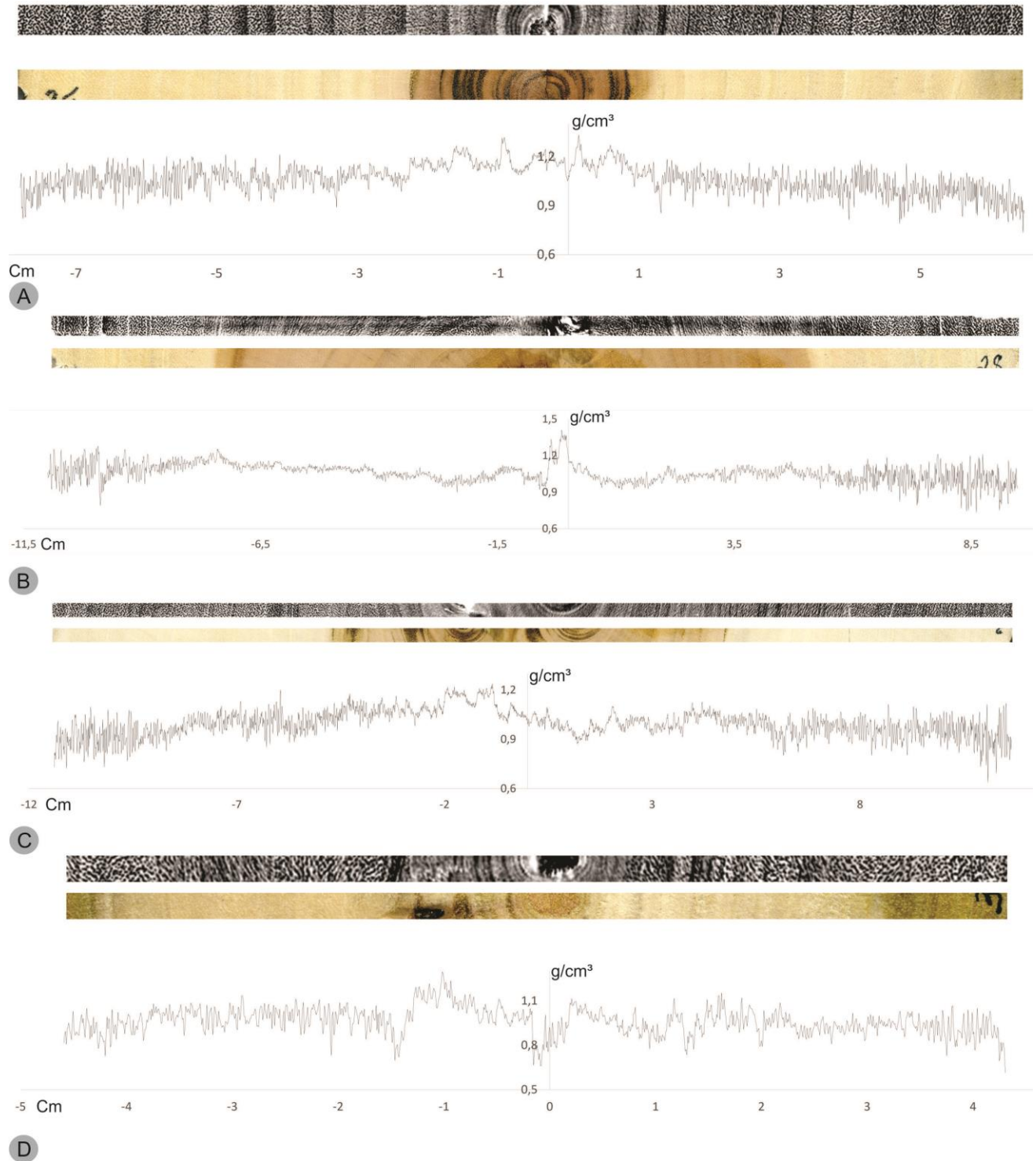


Figura 5 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

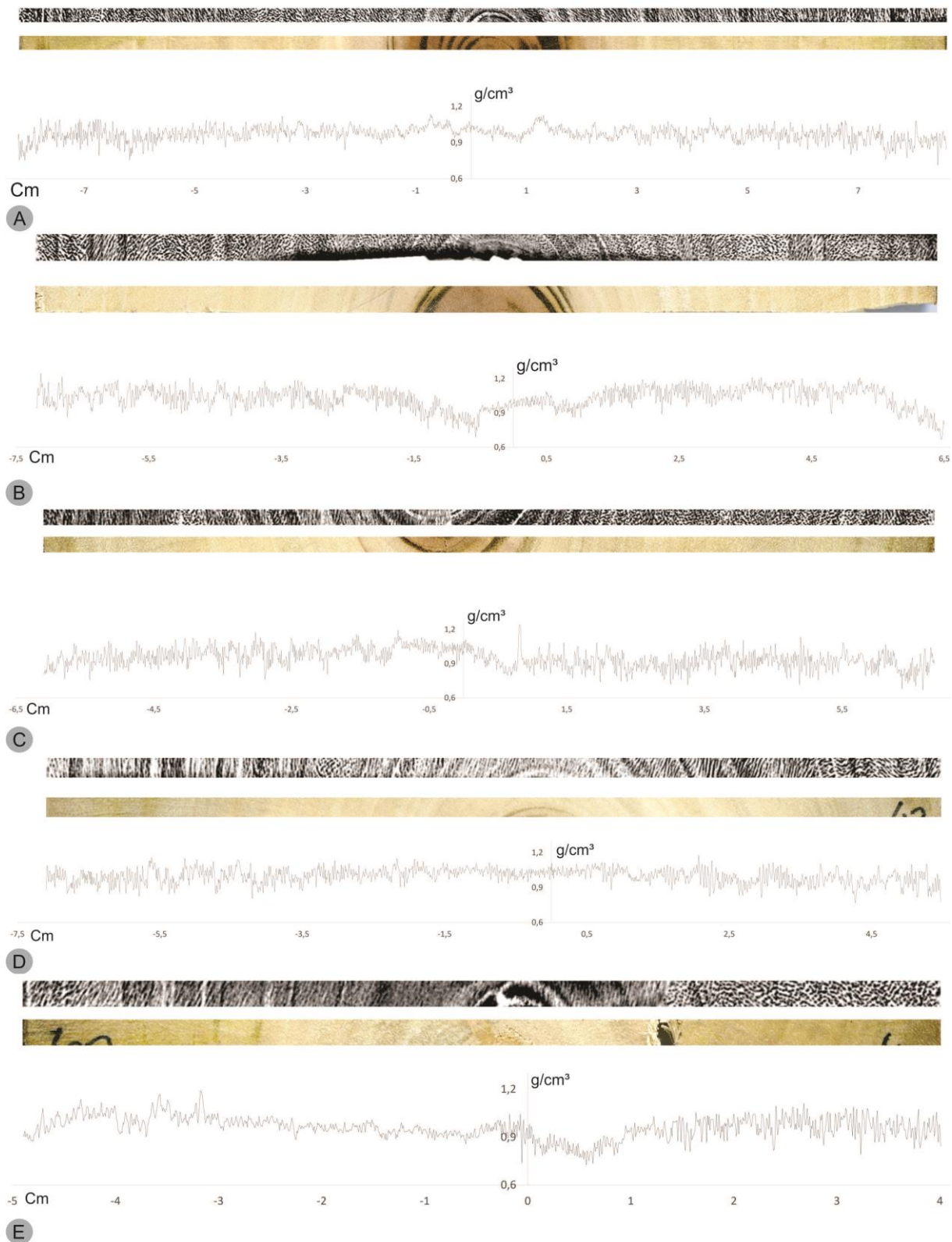


Figura 6 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

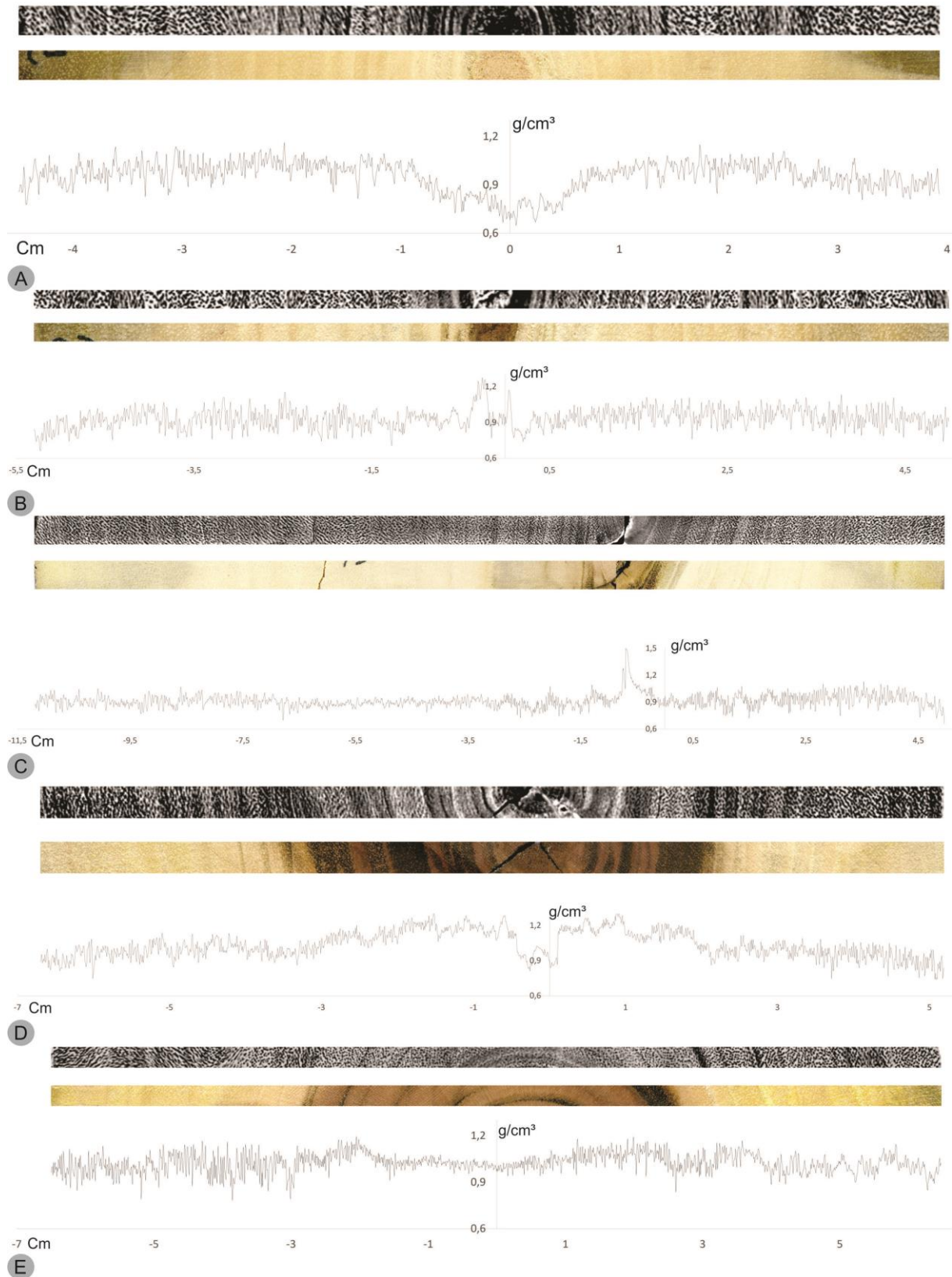


Figura 7 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de empréstimo de solo, área impactada, localizado na FEPE – Bovinos no município de Selvíria. – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

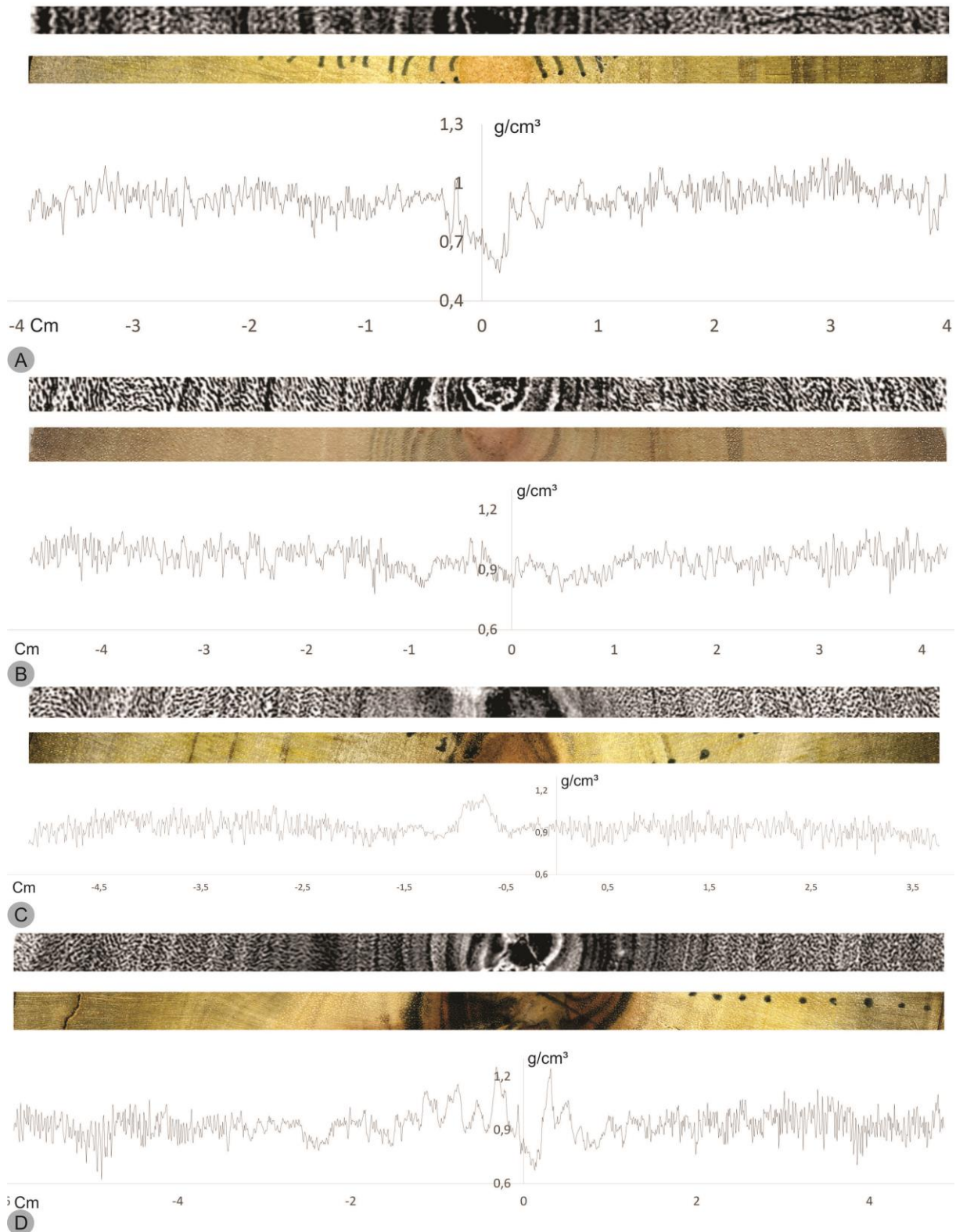


Figura 8 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

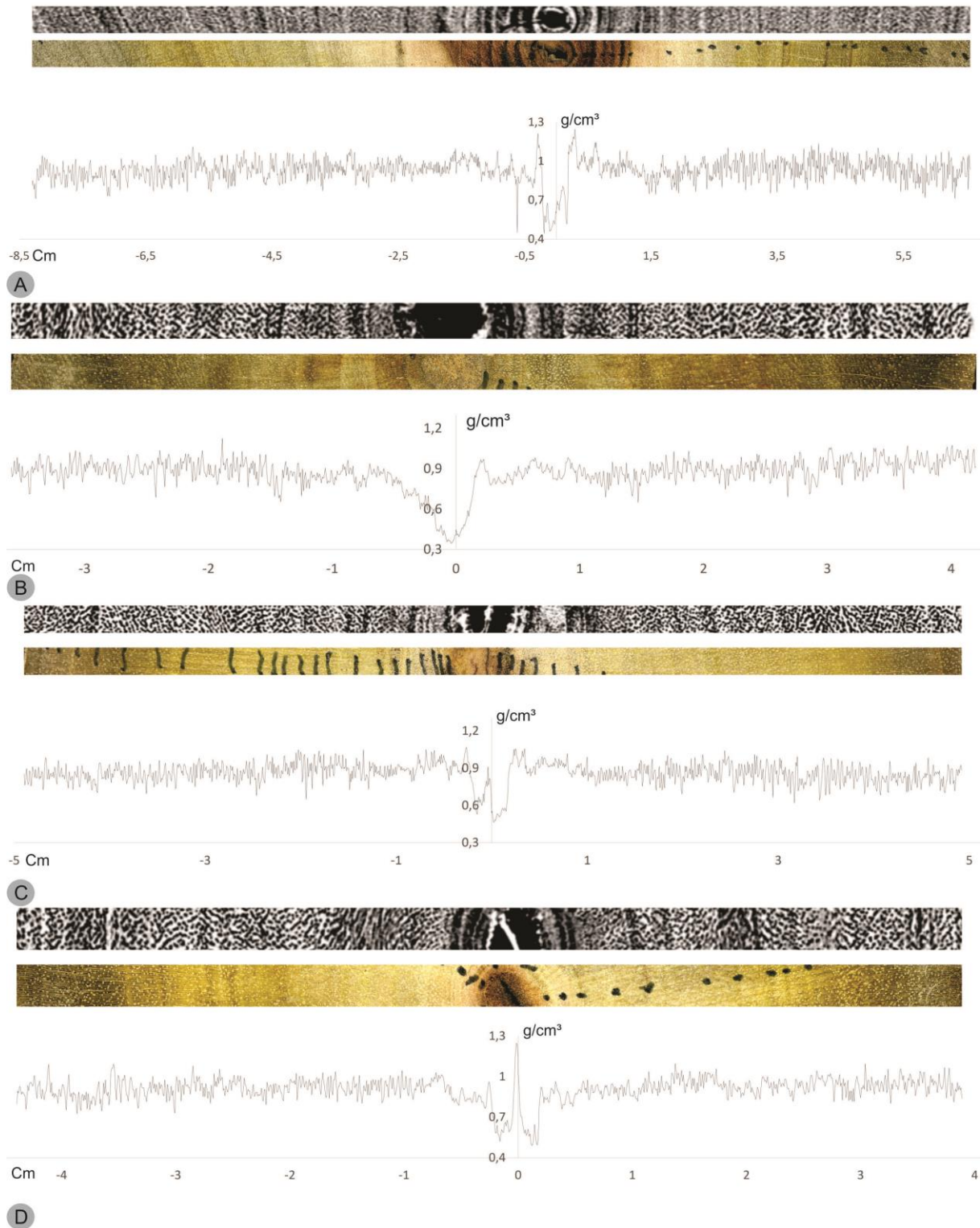


Figura 9 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm^3 .

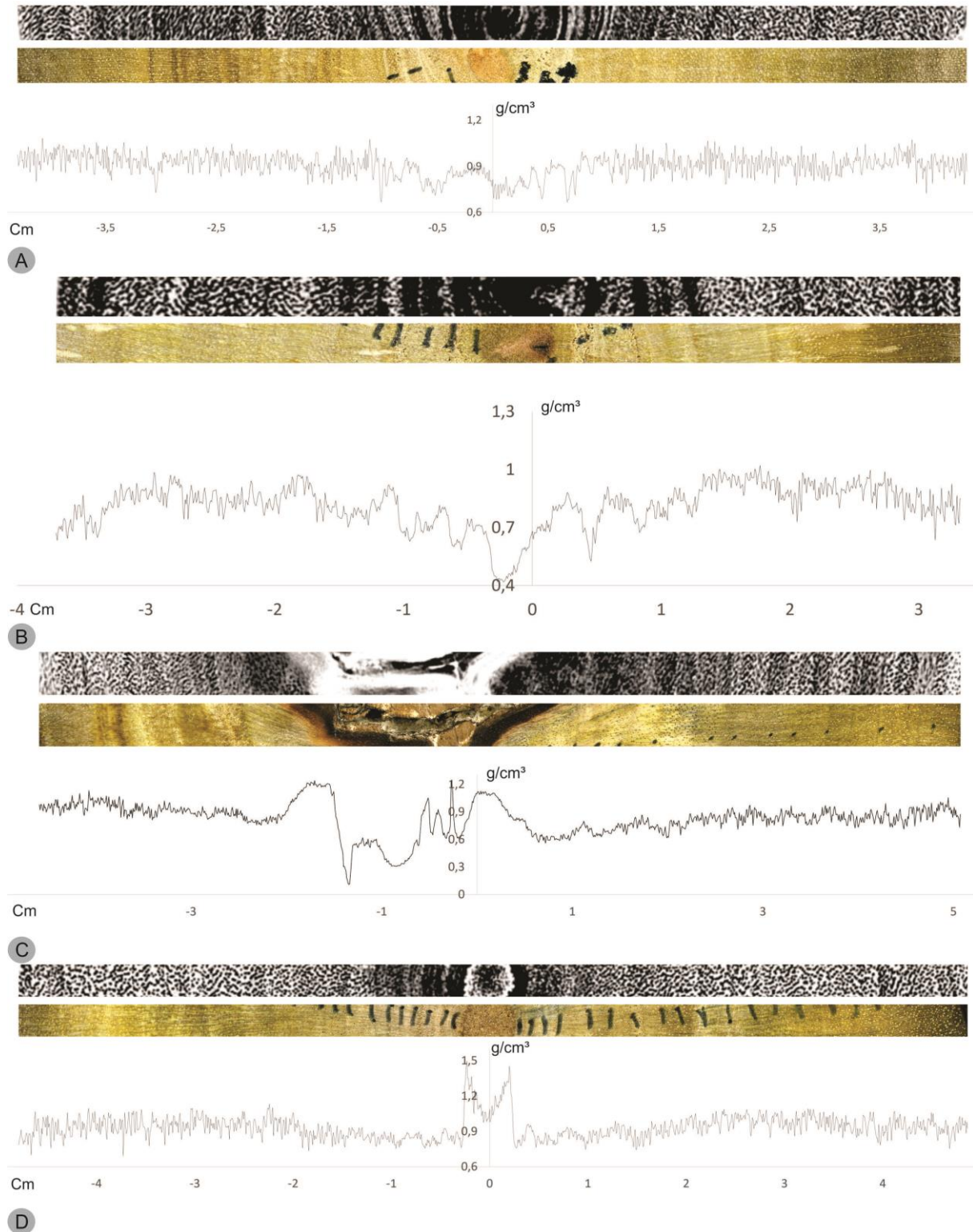


Figura 10 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm^3 .

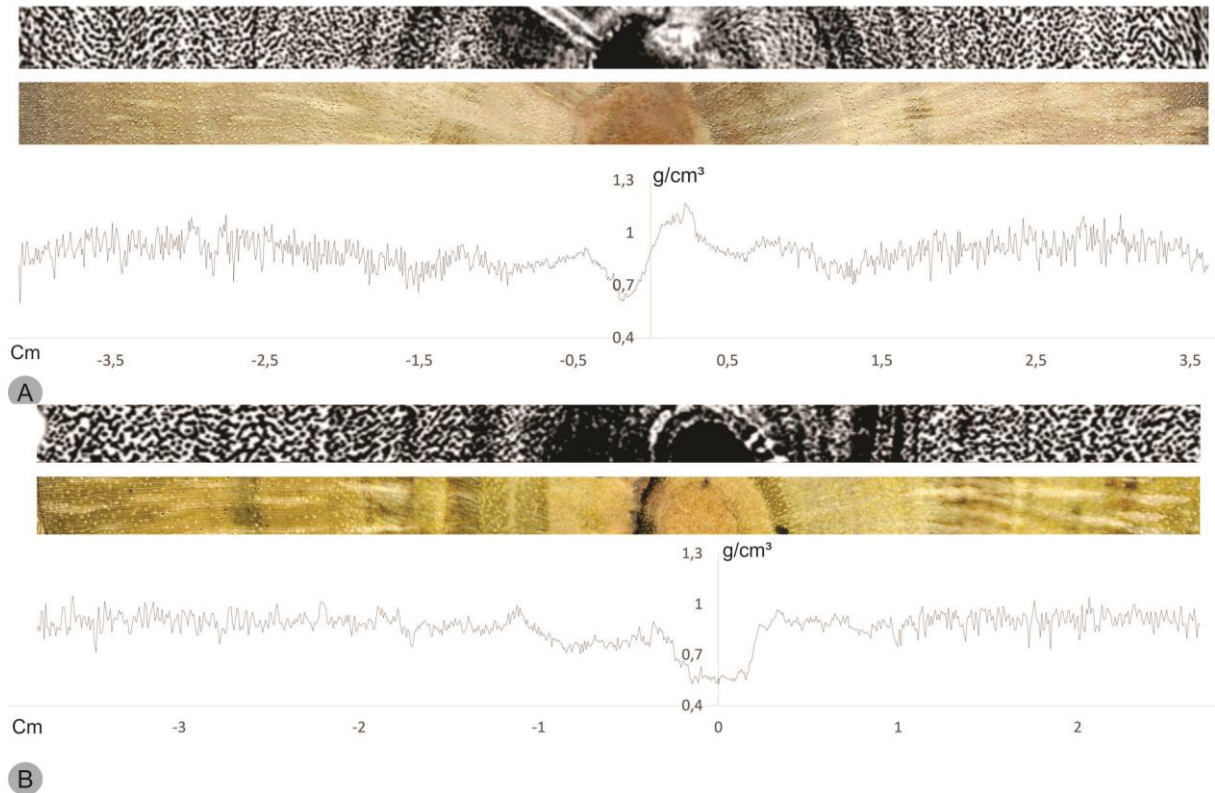


Figura 11 – Perfis de densidade de árvores masculinas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

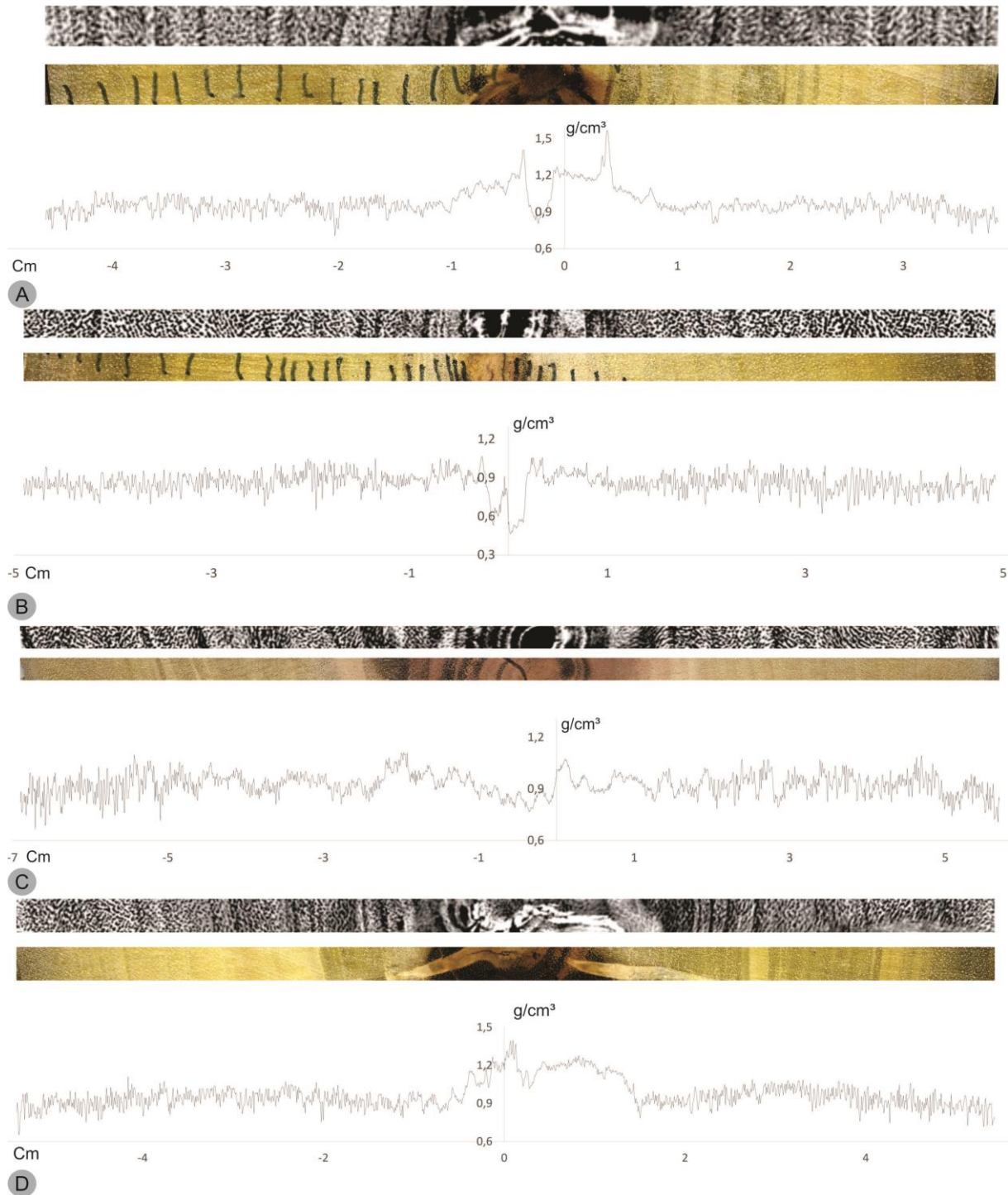


Figura 12 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

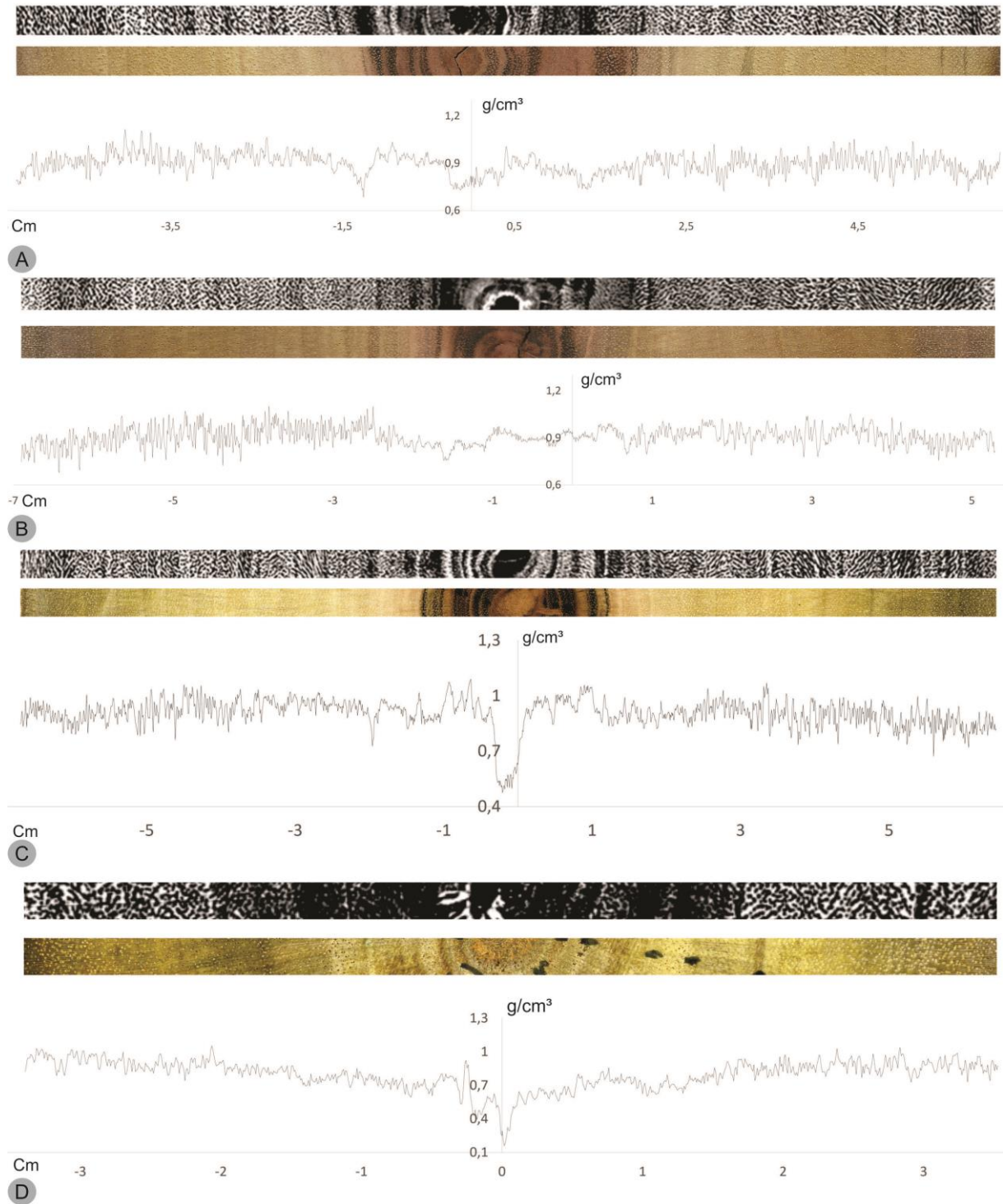


Figura 13 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

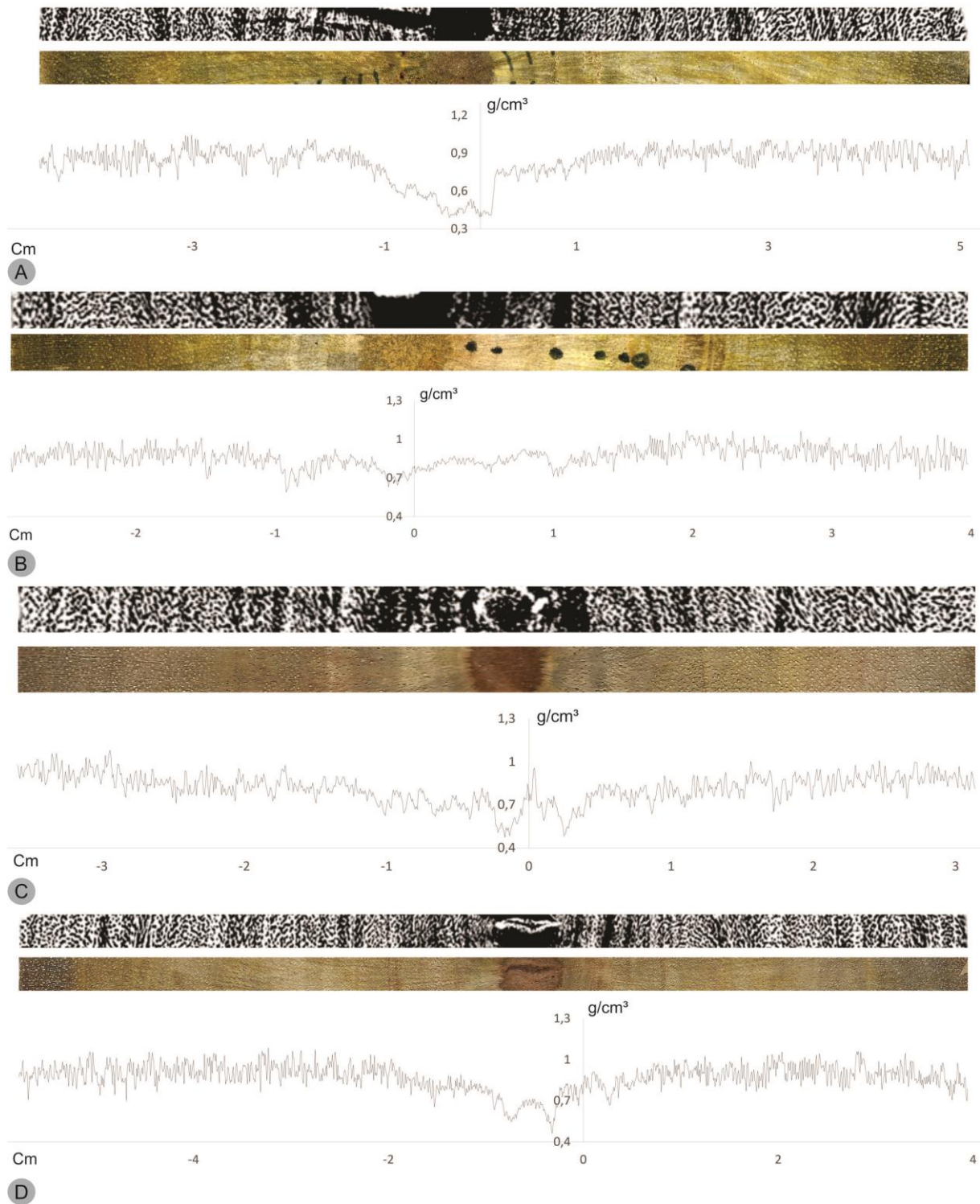


Figura 14 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³.

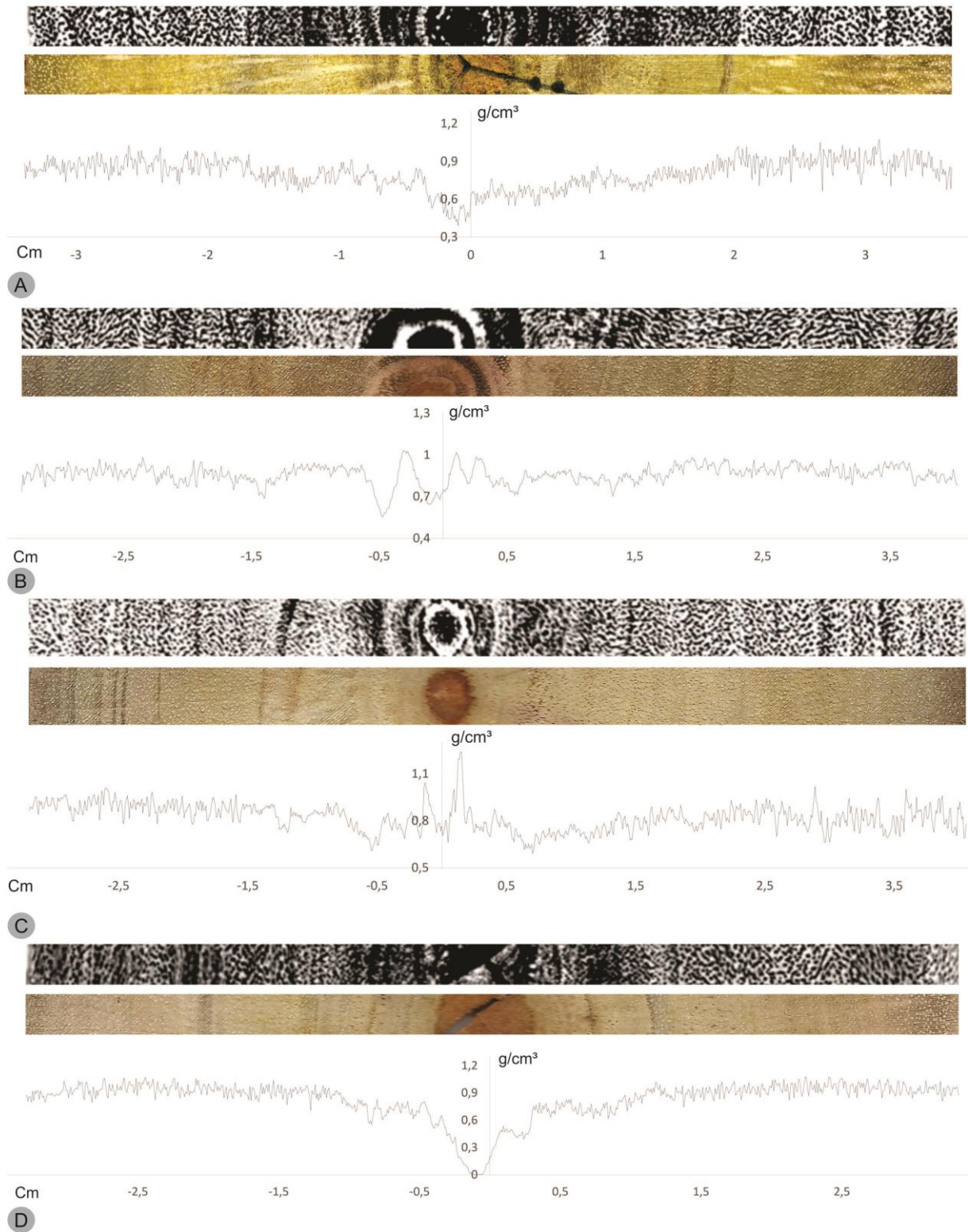


Figura 15 – Perfis de densidade de árvores femininas de *Astronium fraxinifolium* coletadas na área de consórcio, área não impactada, localizado na FEPE –Cerrado no município de Selvíria – MS. No eixo x são representados os valores de diâmetro, em cm, o eixo y representa a parte mediana (cerne) da amostra, nele são representados os valores de densidade aparente, em g/cm³