

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRA REGINA AGUILAR VOIGT

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DA ESPÉCIE *Caryocar brasiliense* CAMB.
(CARYOCARACEAE) EM ÁREAS DE CERRADO NO SUDESTE E CENTRO-
OESTE DO BRASIL.**

CURITIBA

2009

ALESSANDRA REGINA AGUILAR VOIGT

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DA ESPÉCIE *Caryocar brasiliense* CAMB.
(CARYOCARACEAE) EM ÁREAS DE CERRADO NO SUDESTE E CENTRO-
OESTE DO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, área de concentração Estrutura e fisiologia do desenvolvimento vegetal, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Regina Torres Boeger

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Patricia Soffiatti

Co-Orientador: Dr. Mário Tomazello Filho

CURITIBA

2009

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Bruno e Regina, por motivos que eu jamais seria capaz de listar em um espaço tão reduzido. Trabalhadores incansáveis e dedicados, ensinaram-me que a qualidade de um trabalho reside no respeito e com que é executado e que títulos não definem o valor das pessoas. Agradeço por me ensinarem com economia de palavras e pelo exemplo de suas condutas a enfrentar as dificuldades com coragem e a aceitar limitações que independem da vontade e do esforço para serem transpostas.

Ao meu irmão Bruno, companheiro de jornada com o qual partilhei incertezas e tristezas, mas também muitas risadas com seu senso de humor peculiar. Agradeço a ele e à sua esposa Renata por me acolherem em Piracicaba todas as vezes que precisei. À pequena Ana Clara, minha sobrinha, pelos sorrisos e pela doçura que coloriram muitos dias cinzentos.

À querida amiga Maria Carolina Silva, fiel escudeira e presença constante em meus tropeços, comemorações e inusitadas aventuras nos trabalhos de campo. Devo à ela a inclusão das áreas experimentais em Jequitanga e Rifaina e a agradeço imensamente por sua ajuda nas coletas, pela paciência em ouvir meus desabafos, pelos constantes incentivos e, acima de tudo, por sua valiosa amizade.

À Dra. Maria Regina Torres Boeger e à Dra. Patricia Soffiatti pela orientação, pela confiança e por permitirem que eu conduzisse o trabalho com autonomia, auxiliando-me nos momentos em que precisei.

Aos estimados professores Dr. Mário Tomazello Filho e Dra. Graciela Inez Bolzón de Muñiz, dos Laboratórios de Anatomia e Identificação de Madeiras da ESALQ/USP e da UFPR, respectivamente. Serei sempre grata pela forma respeitosa com que me acolheram em seus laboratórios, sendo este apoio imprescindível para a execução do trabalho.

Ao Dr. Claudio Sergio Lisi, pela amizade, confiança e pelas incontáveis vezes em que me ajudou com prontidão, educação e muita paciência. Meus agradecimentos também se estendem à sua esposa Teresinha, pela agradável companhia e pela valiosa ajuda nas coletas de campo em Santa Rita.

Reforço minha gratidão ao Dr. Mário Tomazello Filho e ao Dr. Claudio Sergio Lisi pela orientação desde o início da graduação até o momento presente.

À querida Maria Aparecida R. C. Bermudez, amiga e técnica do Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras da ESALQ/USP, que não mediu esforços para me ajudar em todas as etapas deste trabalho, sempre com muita paciência e extrema boa-vontade. Seu empenho tornou possível a conclusão da pesquisa no prazo estabelecido, bem como seu primoroso trabalho proporcionou os melhores cortes histológicos presentes nesta dissertação.

Aos alunos e estagiários do Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras da ESALQ/USP pelo revezamento no uso dos equipamentos e das dependências do laboratório. Ao Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras da UFPR, em especial à Wanessa Quadrado e Dionéia Calixto, pela troca de informações, pelas conversas e por me auxiliarem sempre que possível.

À colega de curso Talita Iatski, por ter sido um ombro amigo durante o período do mestrado e por muito me ensinar com sua serenidade.

Aos componentes da banca examinadora pelas correções e sugestões valiosas para a melhoria deste trabalho.

À Comissão Técnico-Científica do Instituto Florestal de São Paulo e ao gerente do Parque Estadual da Vassununga, Heverton José Ribeiro, pela autorização das coletas nas dependências do Parque.

À Norma Pinzan e seu esposo Sérgio pela acolhida no Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus em Pedregulho (SP) durante os trabalhos na região; aos Srs. Eurípedes e José Augusto pela ajuda nas coletas em Jeriquara e Rifaina (SP); ao Sr. Darci, por sua invejável disposição e capricho nos trabalhos de campo em Formosa (GO) e ao Dr. Claudio Lisi, pela valiosa ajuda ao coletar as amostras de madeira em Santa Rita (SP).

À minha querida família; em especial aos meus avós Laurinda, Neife e ao meu tio Marco Antônio por autorizarem os trabalhos em Formosa; à Sarah, Flávia, Rodolfo, Felipe e Henrique por me acompanharem; aos meus tios Ivan e Tânia pelos momentos de descontração com seus quitutes e dedinhos de prosa.

À CAPES, pelo financiamento parcial através da concessão da bolsa de estudos no segundo ano da pesquisa.

Ao IPEF, pelo financiamento das viagens à Santa Rita (SP) e Formosa (GO).

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho; aos amigos presentes e distantes; e, principalmente, aos que precisaram tolerar minha lendária teimosia durante o processo; meus sinceros agradecimentos.

“Das tuas lágrimas nascerá uma planta que se transformará numa árvore copada. Ela dará flores cheirosas que os veados, as capivaras e os lobos virão comer nas noites de luar. Depois, nascerão frutos. Dentro da casca verde, os frutos serão dourados como os cabelos de Uadi. Mas a semente será cheia de espinhos, como os espinhos da dor de teu coração de mãe. Seu aroma será tão tentador e inesquecível que aquele que provar do fruto e gostar, amá-lo-á para jamais o esquecer”.

Marieta Teles Machado

In: Os frutos dourados do pequiheiro

RESUMO

A anatomia ecológica do xilema secundário se refere ao estudo das preferências ecológicas dos diversos taxa e seus atributos relacionados à função. Fatores ambientais podem afetar diretamente a atividade cambial, resultando em alterações na estrutura anatômica. O cerrado brasileiro compreende diversos ecossistemas e é reconhecido como a savana mais rica do mundo em diversidade biológica. Este trabalho objetivou verificar a influência das condições ambientais e da variação da latitude na estrutura anatômica do xilema secundário da espécie *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), espécie típica do Cerrado, nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. As áreas encontram-se entre as latitudes 21°42' e 15°28', nos municípios de Santa Rita do Passa Quatro (SP), Jeriquara (SP), Rifaina (SP) e Formosa (GO). Santa Rita apresenta tipo climático temperado macrotérmico (Cwag), enquanto as demais se encontram em clima tropical (Aw). Os solos são latossolos vermelho-amarelos e neossolos quartzarênicos, freqüentes em áreas de cerrado. Fisionomias de cerrado *sensu stricto* foram amostradas em todas as áreas, adicionadas a uma de cerradão em Santa Rita. O estudo anatômico foi realizado através de métodos usualmente empregados para o xilema secundário, determinando-se as variáveis ambientais a partir de dados edáficos e climáticos. As médias das variáveis anatômicas foram comparadas por meio da análise da variância (teste F e Tuckey, $p < 0,05$) e de análises multivariadas (conglomerados, distância euclidiana e discriminante). Os dados obtidos para a espécie assemelham-se aos relatados na literatura, sendo esta anatomicamente caracterizada pela porosidade difusa, parênquima axial predominantemente apotraqueal difuso a difuso em agregados, às vezes em faixas, tendendo à reticulado; pontoações intervasculares areoladas alternas, placas de perfuração simples; pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas; camadas de crescimento distintas a pouco distintas, individualizadas pelo espessamento da parede das fibras e pelo parênquima axial em faixas mais ou menos espessas. As árvores em todas as áreas de estudo apresentam camadas de crescimento distintas, porém, seus limites muitas vezes são de difícil definição. As diferenças mais marcantes foram observadas em Formosa, cujas árvores apresentaram os maiores valores para diâmetro e espessura da parede das fibras, altura de raios e porcentagem de vasos solitários; bem como as menores porcentagens de vasos múltiplos de três células; características relacionadas tanto a ambientes xéricos quanto méxicos. Uma vez que a área está fortemente submetida à estacionalidade climática, características típicas de tais ambientes podem ser de grande importância para a sobrevivência das plantas. Não se observou diferenças significativas entre as fisionomias de cerrado *sensu stricto* e cerradão em Santa Rita; bem como entre Jeriquara e Rifaina, áreas próximas que abrigam considerável variação ambiental. Ao se comparar apenas as fisionomias de cerrado *sensu stricto*, constatou-se diferenças significativas para onze das dezesseis variáveis estudadas, sendo três referentes às fibras; duas aos raios e seis aos vasos. Com base nos resultados obtidos no presente estudo e por sua ampla distribuição no bioma Cerrado, a espécie *Caryocar brasiliense* mostrou-se promissora para estudos desta natureza.

Palavras-chave: Anatomia ecológica. Xilema secundário. Cerrado. *Caryocar brasiliense*. Pequi.

ABSTRACT

The ecological anatomy of secondary xylem refers to the study of ecological preferences of taxa and their attributes regarding function. Environmental factors might affect cambial activity directly, resulting in alterations of the anatomical structure. The Brazilian savanna or Cerrado ecloses different ecosystems and it is recognized as the richest savannas in the world in terms of biological diversity. This work aimed to verify the influence of environmental conditions and latitudinal variation in the anatomical structure of secondary xylem of populations of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), a typical Cerrado species, in five areas located in Southeastern and Center-West of Brazil. The five areas are located between 21°42' and 15°28' latitudes, in the cities of Santa Rita do Passa Quatro (SP), Jeriquara (SP), Rifaina (SP) and Formosa (GO). Santa Rita is characterized by a temperate macrothermic climate type (Cwag), while others are characterized by a tropical climate type (Aw). The soils are red-yellow latosols and quartzarenic neosoils, typical of cerrado areas. Populations were collected in four areas of cerrado *sensu stricto* and one of "cerradão" in Santa Rita. The anatomical study was carried out employing usual methods in wood anatomy. Qualitative and quantitative anatomical characters were correlated to climatic and soil variables. Means of anatomical characters were compared through variance analysis (F and Tukey test, $p < 0,05$) and multivariate analyses (Cluster, Euclidean distance and discriminant analysis). The wood of *C. brasiliense* in all populations are qualitatively similar to what is described in literature, characterized by diffuse porosity, axial parenchyma predominantly apotracheal, diffuse to diffuse in aggregates, sometimes in bands or even reticulate; bordered intervessel pits alternate; simple perforation plates; half-bordered to simple ray-vessel pits; distinct layers of growth rings delimited by a layer of radially compressed thick-walled and bands of initial terminal axial parenchyma, which limits are difficult to define. Very marked differences separate the population of Formosa from the others, such as the biggest mean values for vessel diameter, fibre wall thickness, height of rays and percentage of simple vessels; as well as the smaller percentages of multiple vessels of three, which are features either related to mesic and xeric conditions. Formosa is characterized by a seasonal climate, with periods of severe drought and higher water availability. It was not observed significant anatomical differences between populations of cerrado *sensu stricto* and "cerradão" in Santa Rita; as well as between Jeriquara and Rifaina; although close areas, they are subject to very different environmental conditions. Comparing all four cerrado *s.s.* areas, significant differences regarding 11 out of 16 studied anatomical variables were found. The results revealed that *Caryocar brasiliense* is a promising species for this kind of study, especially taking into account its widespread occurrence in the Cerrado biome.

Kew words: Ecological anatomy, secondary xylem, cerrado, *Caryocar brasiliense*, "pequi".

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Ocorrência da família CARYOCARACEAE Voigt.	26
Figura 02 - Aspecto geral da espécie <i>C. brasiliense</i> (A) árvore em área de cerrado no município de Formosa, GO; (B) frutos em estágio inicial de desenvolvimento (C) inflorescência com flores abertas.	29
Figura 03 - Localização das áreas de estudo em relação à distribuição do bioma Cerrado e aos Estados de ocorrência da espécie.	32
Figura 04 - (A e B) Árvores de <i>C. brasiliense</i> em área de cerradão (Área I) no Parque Estadual da Vassununga, gleba Pé-de-gigante.	33
Figura 05 - Área de estudo em cerrado <i>sensu stricto</i> (Área II) no Parque Estadual da Vassununga, gleba Pé-de-gigante. (A) Coleta de amostra em árvore de <i>C. brasiliense</i> ; (B) Aspecto geral da área.	33
Figura 06 - Balanço hídrico normal mensal para a região de Santa Rita do Passa Quatro, SP.	35
Figura 07 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Santa Rita do Passa Quatro, SP.	35
Figura 08 - Localização das áreas de estudo (AI: cerradão; All: cerrado s.s.) na gleba Pé-de-gigante, Parque Estadual da Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP.	36
Figura 09 - Área de estudo em cerrado <i>sensu stricto</i> no município de Jeriquara, SP. (A) Árvore de <i>C. brasiliense</i> ; (B) Aspecto geral da área.	37
Figura 10 - Área de estudo em cerrado <i>sensu stricto</i> no município de Rifaina, SP. (A) Árvore de <i>C. brasiliense</i> com sinais de passagem de fogo; (B) Aspecto geral da área.	38
Figura 11 - Balanço hídrico normal mensal para a região de Franca, SP.	38
Figura 12 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Franca - SP.	39
Figura 13 - Área de estudo em cerrado <i>sensu stricto</i> no município de Formosa. (A) Árvore de <i>C. brasiliense</i> ; (B) Aspecto geral da área.	39
Figura 14 - Balanço hídrico normal mensal para a região de Formosa, GO.	40

Figura 15 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Formosa - GO.	41
Figura 16 - Procedimento de coleta de amostras do lenho. (A) Extrator motorizado; (B) Detalhe da sonda e da amostra presa à árvore; (C) Retirada da amostra; (D) Detalhe da amostra obtida; (E) Tratamento do orifício com tinta antifúngica; (F) Preenchimento do orifício com madeira tratada; (G) Vedação com massa de vidraceiro; (H) Cicatrização observada após 1 ano.	43
Figura 17 - Gráficos de caixa (box-plots) referentes à distribuição das dimensões das fibras e do parênquima radial (raios) em quartis.....	113
Figura 18 - Gráficos de caixa (box-plots) referentes à distribuição das dimensões dos elementos de vaso em quartis.	114
Figura 19 - Gráficos de caixa (box-plots) referentes à distribuição em quartis do agrupamento dos vasos quanto ao número de células.	115
Figura 20 - Vasos em <i>Caryocar brasiliense</i> (A, B, C) Aspecto dos elementos de vaso; (D,E,F) Intrusão de células parenquimáticas para o lume dos vasos.	106
Figura 21 - Fibras em <i>Caryocar brasiliense</i> (A) Fibra com cavidade intrusiva; (B) Fibra com crescimento intrusivo associada à séries cristalíferas; (C) Fibra com crescimento intrusivo, detalhe da sobreposição de camadas que compõem a parede celular; (D,E) Aspecto das fibras com crescimento intrusivo em corte transversal; (F) Fibras gelatinosas.	107
Figura 22 - Pontoações em <i>Caryocar brasiliense</i> (A, E) Pontoações intervasculares areoladas, alternas, de contorno poligonal a oval; (B, C) Pontoações radiovasculares semi-areoladas a simples, arranjo e forma irregulares; (D) Pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares; (F) Detalhe das pontoações parênquimovasculares.	108
Figura 23 - <i>Caryocar brasiliense</i> em Santa Rita do Passa Quatro, SP, área I: fisionomia de cerradão. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x).	57
Figura 24 - <i>Caryocar brasiliense</i> em Santa Rita do Passa Quatro, SP, área II: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x).	60
Figura 25 - <i>Caryocar brasiliense</i> em Jeriquara, SP: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x).	63

Figura 26 - <i>Caryocar brasiliense</i> em Rifaina, SP: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x).	66
Figura 27 - <i>Caryocar brasiliense</i> em Formosa, GO: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x).	69
Figura 28 - Ilustração representativa das características edáficas das áreas de estudo.	70
Figura 29 - Gráficos comparativos das características químicas e físicas dos solos dos municípios de Jeriquara (SP), Rifaina (SP) e Formosa (GO).	71
Figura 30 - Gráficos comparativos das características químicas e físicas dos solos das fisionomias de cerrado no Parque Estadual da Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP.	72
Figura 31 - <i>Caryocar brasiliense</i> (A) Santa Rita, SP, área I - cerradão; (B) Santa Rita, SP, área II - cerrado s.s.; (C) Jeriquara, SP, cerrado s.s.; (D) Rifaina, SP, cerrado s.s.; (E) Formosa, GO, cerrado s.s.; (F) Formosa, detalhe das fibras.	78
Figura 32 - Diferenças e semelhanças entre as áreas obtidas pela análise de conglomerados (<i>clusters</i>). Legenda: (SR I) Santa Rita área I (cerradão); (SR II) Santa Rita área II (cerrado s.s.); (JQ) Jeriquara; (RF) Rifaina; (FM) Formosa.	79
Figura 33 - Gráfico comparativo das distâncias euclidianas entre as áreas de estudo. Legenda: (SR I) Santa Rita área I – cerradão; (SR II) Santa Rita área II – cerrado s.s.; (JQ) Jeriquara; (RF) Rifaina; (FM) Formosa, GO.	80
Figura 34 - Gráfico dos valores obtidos pela aplicação das funções discriminantes confeccionadas com os dados médios das variáveis de cada árvore nas áreas de estudo. (Grupo 1) Santa Rita área I – cerradão; (Grupo 2) Santa Rita área II – cerrado s.s.; (Grupo 3) Jeriquara; (Grupo 4) Rifaina; (Grupo 5) Formosa - GO.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Análise de variância do parâmetro anatômico em relação à localização geográfica.	50
Tabela 02 - Características ambientais das áreas de estudo.	52
Tabela 03 - Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Santa Rita do Passa Quatro, fisionomia de cerradão (Área I), SP.	110
Tabela 04 - Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Santa Rita do Passa Quatro, fisionomia de cerrado s.s. (Área II), SP.	110
Tabela 05 - Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Jeriquara, SP.	111
Tabela 06 - Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Rifaina, SP.	111
Tabela 07 - Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Formosa, GO.	112
Tabela 08 - Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Jeriquara, SP.	116
Tabela 09 - Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Rifaina, SP.	116
Tabela 10 - Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Formosa, GO.	116
Tabela 11 - Quadro da análise de variância para comprimento de fibras.	117
Tabela 12 - Quadro da análise de variância para diâmetro de fibras.	117
Tabela 13 - Quadro da análise de variância para espessura da parede das fibras.	117
Tabela 14 - Quadro da análise de variância para altura dos raios.	117
Tabela 15 - Quadro da análise de variância para largura dos raios.	118

Tabela 16 - Quadro da análise de variância para freqüência de raios.	118
Tabela 17 - Quadro da análise de variância para porcentagem de poros.	118
Tabela 18 - Quadro da análise de variância para freqüência de poros.	118
Tabela 19 - Quadro da análise de variância para área de poros.	119
Tabela 20 - Quadro da análise de variância para diâmetro de poros.	119
Tabela 21 - Quadro da análise de variância para comprimento dos elementos de vaso.	119
Tabela 22 - Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos solitários.	119
Tabela 23 - Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de duas células.	120
Tabela 24 - Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de três células.	120
Tabela 25 - Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de quatro células.	120
Tabela 26 - Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de cinco a mais células.	120
Tabela 27 - Valores médios e desvios-padrão (entre parênteses) das variáveis anatômicas do xilema secundário de <i>C. brasiliense</i> nas áreas de estudo. Letras diferentes na mesma linha indicam valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).	75
Tabela 28 - Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas do xilema secundário de <i>C. brasiliense</i> obtidos nas áreas de estudo e na literatura.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. O ECOSSISTEMA DE CERRADO	16
3.1.1. Relevo e clima.....	18
3.1.2. Solos	20
3.2. ANATOMIA DA MADEIRA E CONDIÇÕES ECOLÓGICAS.....	21
3.3. ANATOMIA ECOLÓGICA DA MADEIRA DE ESPÉCIES DE CERRADO.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Caryocar brasiliense</i> CAMBESSEDES (CARYOCARACEAE)	26
4.1.1. Descrição botânica.....	30
4.1.2. Ecologia da espécie	30
4.2. ÁREAS DE ESTUDO	31
4.2.1. Parque Estadual da Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo)..	32
4.2.2. Propriedade particular (Jeriquara, São Paulo)	37
4.2.3. Propriedade particular (Rifaina, São Paulo)	37
4.2.4. Propriedade particular (Formosa, Goiás)	39
4.3. COLETA DAS AMOSTRAS DO LENHO	41
4.3.1. Extrator motorizado	42
4.4. DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA MADEIRA	44
4.4.1. Descrição macroscópica do lenho.....	44
4.4.2. Descrição microscópica do lenho.....	45
4.4.3. Avaliação da estrutura anatômica da madeira	46
4.4.4. Programas utilizados na mensuração dos elementos anatômicos.....	48
4.5. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	48
4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
4.6.1. Análise de variância	49
4.6.2. Análise multivariada	50
5. RESULTADOS	51
5.1. CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO	51
5.2. DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO LENHO	54

5.2.1. Parque Estadual da Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)	55
5.2.2. Propriedade particular (Jeriquara, SP)	61
5.2.3. Propriedade particular (Rifaina, SP)	64
5.2.4. Propriedade particular (Formosa, GO)	67
5.3. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS: SOLOS	70
5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	74
5.4.1. Análise de variância	74
5.4.2. Análise multivariada	79
6. DISCUSSÃO	83
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE I	105
APÊNDICE II	109

1. INTRODUÇÃO

A anatomia ecológica do xilema secundário se refere ao estudo das correlações entre as preferências ecológicas e florísticas dos diversos taxa, e os vários atributos anatômicos do xilema secundário relacionados à função (DICKINSON, 2000). Os estudos ecológicos do xilema secundário têm demonstrado que muito da diversidade estrutural encontrada neste tecido possui uma explicação funcional e adaptativa, podendo ser diretamente relacionada ao hábito das plantas e às condições ambientais (DICKINSON, 2000). Fatores como seca, inundação, altitude, latitude, constituição do solo, estádios sucessionais da vegetação e poluição podem alterar significativamente a estrutura anatômica do xilema secundário (BAAS, 1973; CARLQUIST, HOEKMAN, 1985; BAAS, SCHWEINGRUBER, 1987; COSTA *et al.*, 2003, RIBEIRO; BARROS, 2006).

As espécies tropicais têm recebido crescente atenção no Brasil, destacando-se Chimello e Mattos Filho (1989 *apud* ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002); Ceccantini (1996); Alves e Angyalossy-Alfonso (2000, 2002); Marcati, Angyalossy-Alfonso e Benetati (2001); Melo Júnior (2003); Luchi (2004); Luchi, Silva e Moraes (2005); Ribeiro e Barros (2006); Amano (2007); Machado *et al.* (2007); Bosio (2008), onde os autores relacionam a anatomia do xilema secundário às condições ambientais, ou ainda, estabelecem tendências gerais para alguns ambientes.

Entretanto, a despeito de seu grande potencial de aplicação em estudos ecológicos e da grande biodiversidade existente no Cerrado, proporcionalmente são poucos os trabalhos que se ocupam da anatomia do lenho de suas espécies arbóreas (PINHO; CAMARGO, 1979; MINA-RODRIGUES, 1986; CHIMELO; MATTOS FILHO, 1988 *apud* ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; PEREIRA, 1990; PINHO; MAZZONI-VIVEIROS; SAJO, 1992; CECCANTINI, 1996; MACHADO; ALFONSO; MORRETES, 1997; MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONSO; BENETATI, 2001; MELO JÚNIOR, 2003; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005; MONTEFUSCO, 2005; MACHADO *et al.*, 2007).

O cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo em diversidade biológica, compreende diversos ecossistemas e contém uma das mais ricas floras dentre as savanas mundiais, com 6.429 espécies já catalogadas (MENDONÇA *et al.* 1998). Abrange uma vasta extensão territorial, ocupando mais

de 20 graus de latitude e dez graus de longitude, e contém as três maiores bacias hidrográficas sul-americanas (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005). A destruição e a fragmentação de habitats consistem, atualmente, na maior ameaça à integridade deste bioma, uma vez que seus ambientes naturais estão sendo rapidamente convertidos em pastagens e cultivos agrícolas (MITTERMEYER *et al.*, 1999). Cerca de 80% do cerrado já foi modificado pelo homem devido à expansão agropecuária e urbana, invasões biológicas e construção de estradas (WWF BRASIL, 2008). Por essas razões, o Cerrado foi identificado como um dos mais ameaçados ecossistemas mundiais (MITTERMEYER *et al.*, 1999; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005).

Levando-se em consideração a importância do Cerrado, do baixo número de estudos realizados com suas espécies e da necessidade de se ampliar a pesquisa em anatomia ecológica com espécies brasileiras, este trabalho traz um estudo de cinco populações de *Caryocar brasiliense*, espécie típica dos cerrados, em diferentes latitudes e fisionomias, com o objetivo de verificar as tendências ecológicas da espécie com relação à anatomia do xilema secundário.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Verificar a influência das condições ambientais e da variação da latitude na estrutura anatômica do xilema secundário da espécie *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) em áreas de ocorrência natural nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil.

Objetivos específicos

1. Descrever a estrutura anatômica do xilema secundário de *Caryocar brasiliense* nas áreas de estudo;
2. Comparar qualitativa e quantitativamente a estrutura anatômica do xilema secundário nessas áreas;
3. Relacionar as diferenças anatômicas do xilema secundário com as variações ambientais e de latitude;
4. Identificar e reconhecer possíveis mecanismos adaptativos da espécie relacionados à estrutura do xilema secundário.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O ECOSISTEMA DE CERRADO

Denomina-se “cerrado” o ecossistema terrestre englobado no denominado “Bioma do Cerrado”, que se apresenta como um mosaico de formas fisionômicas, podendo se manifestar como cerradão, campo cerrado, cerrado *sensu stricto*, campo sujo ou campo limpo. Este mosaico é determinado por manchas de solo mais ou menos pobres, pela irregularidade dos regimes pluviométricos, queimadas características de cada local (frequência, época, intensidade) e pela ação humana. Assim, os fatores que limitam a vegetação são a fertilidade do solo e o fogo (COUTINHO, 2008).

Este bioma caracteriza uma das vegetações mais vastas do território nacional, ocupando originalmente 2 milhões de km² distribuídos em 12 Estados e no Distrito Federal (23,1% do território brasileiro), concentrando-se no centro-oeste brasileiro, abrangendo os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, e em menores áreas, sob a forma de “ilhas” nos Estados de São Paulo, Paraná, Maranhão e Piauí (WWF BRASIL, 2008).

Superado em área apenas pela Floresta Amazônica, o Cerrado é a segunda maior formação vegetacional brasileira, sendo cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (rios Tocantins, São Francisco e Prata), fato que favorece a manutenção de uma rica biodiversidade (WWF BRASIL, 2008).

Embora não seja inteiramente conhecida, a diversidade biológica da flora do Cerrado é riquíssima. Estima-se que é constituída por cerca de 3.000 espécies, sendo 1.000 delas do estrato arbóreo-arbustivo e 2.000 do herbáceo-subarbustivo (COUTINHO, 2008). Destacam-se como as famílias de maior expressão as Leguminosas (Mimosaceae, Fabaceae e Caesalpiniaceae) dentre as lenhosas, e as Gramíneas (Poaceae) e Compostas (Asteraceae) dentre as herbáceas (COUTINHO, 2008).

O bioma Cerrado apresenta vegetação cujas fisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, floresta é a área com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel

contínuo ou descontínuo. As formações florestais são representadas por mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerrado. Savana é a área com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso onde não há formação de dossel contínuo. As formações savânicas são representadas por (i) cerrado: denso, típico, ralo e rupestre; (ii) vereda, parque de cerrado e palmeiral. O termo “campo” designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, observando-se a inexistência de árvores na paisagem. As formações campestres são representadas por campo: sujo, limpo e rupestre (RIBEIRO *et al.*, 1983 e RIBEIRO; WALTER, 1998).

A vegetação do Cerrado é mista e composta por espécies herbáceas e arbóreas, com coberturas de copa variando de 100% nos cerrados mais fechados a 0% nos campos sujos mais abertos. A cobertura herbácea pode variar de 65% nos campos sujos, podendo atingir até 2% nos cerrados (GOODLAND; FERRI, 1979). Os indivíduos pertencentes às floras florestais e campestres diferenciam-se no padrão de senescência, nas condições microclimáticas criadas pelo desenvolvimento de um dos estratos, pela profundidade dos sistemas subterrâneos, pela tolerância a certas características dos solos, pela resposta floral após as queimadas, dentre outros fatores. No entanto, estas distinções não se estendem às necessidades luminosas das duas floras, visto que são geralmente heliófilas e pouco tolerantes ao sombreamento, explicando a relação inversa entre os estratos (COUTINHO, 1978).

As características da vegetação arbórea e arbustiva são troncos e ramos tortuosos, súber espesso, macrofilia e esclerofilia, sistema subterrâneo dotado de longas raízes pivotantes que podem atingir em média 10 a 15m de profundidade, garantindo o abastecimento de água em camadas permanentemente úmidas do solo, inclusive nos períodos de seca. Já a vegetação herbácea e subarbustiva, formada também por espécies predominantemente perenes, apresenta órgãos subterrâneos de resistência como bulbos e xilopódios, que lhes garantem sobreviver à seca e ao fogo. Neste estrato as folhas são geralmente micrófilas e seu escleromorfismo é menos acentuado (COUTINHO, 1978).

3.1.1. Relevo e clima

O relevo no qual se insere o bioma é, de modo geral, plano ou suavemente ondulado, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Cerca de 50% de sua área situa-se entre altitudes de 300 a 600m acima do nível do mar, sendo que apenas 5,5% da área encontram-se em altitudes superiores a 900m, não ultrapassando, em geral, os 1.100m (COUTINHO, 2008).

O Cerrado apresenta características climáticas próprias, com precipitações variando de 600 a 800mm no limite com a Caatinga e de 2.000 a 2.200mm na interface com a Amazônia (REATTO; MARTINS, 2005). Com essa particularidade, existe uma grande variabilidade de solos, bem como diferentes níveis de intemperização. A definição do clima estacional do bioma decorre da influência de dois fatores: (i) precipitação média anual entre 1.200 a 1.800mm e (ii) duração do período seco, que pode ser de cinco a seis meses. Essas características inserem o Cerrado em uma posição intermediária entre a Amazônia, com déficit hídrico inferior a três meses, e a Caatinga, com períodos de seca que duram de sete a oito meses (ADÁMOLI *et al.*, 1986; ASSAD; EVANGELISTA, 1994).

Em termos gerais, os solos em regiões de cerrado são compostos por uma camada arenosa profunda seguida de uma camada argilosa que dificulta a infiltração da água, favorecendo seu armazenamento. Com isso, é disponibilizada uma grande quantidade de água às plantas em suas várias camadas, com exceção da zona superficial, sendo que a quantidade aumenta à medida que aumenta a profundidade, até atingir o lençol freático subterrâneo, que é permanente (GOODLAND; FERRI, 1979). Em estudo realizado para verificar a dinâmica da água em solos de cerrado (SCHUBART, 1959 *apud* GOODLAND; FERRI, 1979), constatou-se que o tempo médio de percolação da água é de 4 a 6 meses. Isso demonstra que o nível freático é determinado pela quantidade de chuva da última estação úmida, sendo assim, o nível é mais baixo na estação úmida e mais alto na estação seca.

Conforme ressaltado por Franco (2005), em uma primeira abordagem poder-se-ia especular que plantas do cerrado não estariam expostas às variações pluviométricas, a partir do momento em que o sistema radicular tivesse acesso às camadas mais profundas do solo, posto que estas permanecem sempre úmidas. No entanto, o simples acesso às camadas mais profundas no subsolo não garante que

a planta consiga extrair água suficiente para fazer frente à demanda evaporativa da atmosfera e seja capaz de manter um balanço hídrico favorável sem regular a taxa de transpiração.

Outro ponto importante levantado pelo autor supracitado consiste na interpretação errônea dos resultados obtidos por Rawistcher, Ferri e outros, realizados nas décadas de 1940 a 1960. Essa interpretação equivocada levaria a crer que espécies lenhosas do Cerrado transpiram livremente, mesmo durante a estação seca. Este fato foi contestado por Rizzini (1976), que após realizar uma revisão dos resultados obtidos em trabalhos clássicos sobre o Cerrado, demonstrou que esses autores encontraram um contínuo de respostas, desde espécies que aparentemente não diminuíam a transpiração a espécies que apresentavam uma restrição considerável da transpiração durante a estação seca. Estudos mais recentes, utilizando métodos físicos para determinar o grau de abertura estomática nas folhas, demonstraram que a grande maioria das espécies lenhosas restringe a abertura estomática durante a estação seca (FRANCO, 1983; JOHNSON; FRANCO; CALDAS, 1983; PEREZ; MORAES, 1991; FRANCO, 1998; FRANCO; LÜTTGE, 2002). Algumas espécies apresentam restrição estomática mesmo durante a estação chuvosa, dependendo da demanda evaporativa da atmosfera (FRANCO, 1998; NAVES-BARBIERO *et al.*, 2000; FRANCO; LÜTTGE, 2002). Períodos mais secos de curta duração na estação chuvosa rapidamente levam a uma redução considerável na abertura estomática e na taxa de assimilação de CO₂ (FRANCO, 2005). Ajustes na razão entre área foliar, a área do xilema e a regulação da abertura estomática em resposta a variações no déficit de saturação de vapor do ar, levam a uma diminuição considerável das flutuações sazonais da transpiração em plantas lenhosas do cerrado (BUCCI *et al.*, 2005). Além disso, a capacidade de armazenamento de água também pode minimizar as variações na demanda transpiratória e no balanço hídrico, como demonstrado em árvores de florestas tropicais (GOLDSTEIN *et al.* 1998).

3.1.2. Solos

Os primeiros estudos que relacionaram as características dos solos com a vegetação do Cerrado datam da década de 1950 (ALVIM; ARAÚJO, 1952; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979). Anteriormente a esse período, alguns trabalhos já indicavam que as características xeromórficas das plantas de cerrado não se relacionavam exclusivamente com a disponibilidade hídrica (RAWITSCHER; FERRI, 1942 *apud* GOODLAND e FERRI, 1979). Verificou-se, em estudos subseqüentes, que plantas de cerrado apresentavam padrões de transpiração claramente distintos dos observados em plantas de vegetação xerofítica, como no caso da Caatinga no semi-árido brasileiro (FERRI; LABORIAU, 1952; FERRI, 1953a e 1953b; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979). Em relação às plantas do Cerrado, as plantas da Caatinga apresentavam índices de transpiração inferiores, com períodos reduzidos de abertura dos estômatos e rápido controle de resposta dos mesmos após estímulo ambiental.

Essas observações foram sintetizadas e originaram a teoria de que os aspectos xeromórficos das plantas do Cerrado eram devidos a uma superprodução de esclerênquima, por sua vez decorrente da ausência dos nutrientes minerais essenciais ao crescimento. O processo foi denominado “escleromorfismo oligotrófico” (ARENS; FERRI; COUTINHO, 1958; ARENS, 1963; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979; ARENS, 1958a e 1958b).

A teoria do “escleromorfismo oligotrófico” (ARENS, 1958 *apud* GOODLAND e FERRI, 1979; ARENS 1958a e 1958b) consiste essencialmente na afirmação de que as plantas de cerrado dispõem de luz, ar e água em abundância, sendo assim, elas passam a fotossintetizar carboidratos e gorduras em excesso. Entretanto, devido à baixa disponibilidade de nutrientes minerais no solo, as plantas têm maior dificuldade para produzir proteínas e, conseqüentemente, para crescer. Esse aspecto justificaria o pequeno porte das árvores, seu baixíssimo índice de desenvolvimento e a sua abundância de características esclerenquimáticas, justamente os aspectos considerados xeromórficos.

Os solos do Cerrado são em sua maioria latossolos e neossolos fortemente submetidos ao intemperismo, tipicamente profundos, uniformes, porosos, ácidos, pobres em ácidos trocáveis e ricos em óxidos de alumínio e de ferro (GOODLAND;

FERRI, 1979). Os latossolos compõem a classe predominante de solos nestes ambientes, ocupa cerca de 56% das áreas (LOPES, 1983) e tende a estar associada à vegetação de cerrado típico e ao relevo mais suave, normalmente com declividade de até 8% (ADÁMOLI *et al.*, 1986; HARIDASAN, 1993). Eles carecem notavelmente de fosfato, nitrogênio e potássio, sendo essa deficiência resultado direto da acidez dos solos, que se processa de modo diversificado e crescente. A lixiviação de nutrientes é mais severa sob condições ácidas, uma vez que nestas alguns nutrientes são permutados mais rapidamente enquanto outros são precipitados. Sendo assim, a acidez do solo aumenta na medida em que se processa a lixiviação (GOODLAND; FERRI, 1979).

Uma vez que o gradiente cerradão (floresta) – campo sujo (quase campo limpo) é, sob o ponto de vista fisionômico, de crescente xeromorfismo, observa-se uma redução na densidade e na altura das árvores. Segundo Goodland e Ferri (1979), esse fator está relacionado com uma deficiência nutricional de crescente intensidade, bem como com a crescente saturação de alumínio nos solos, que comumente varia de 35% no cerradão a 58% no campo sujo.

Complementar à teoria do escleromorfismo oligotrófico, a hipótese do xeromorfismo aluminotóxico (ARENS, 1959, 1963; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979; ARENS, 1958a) também se aplica à vegetação do cerrado. Ela estabelece que o aumento no xeromorfismo da vegetação, que se acentua do cerradão para o campo sujo, esteja relacionado com diversos teores de saturação de alumínio dos solos. O gradiente cerradão - campo sujo, as diferenciações fisionômicas, a diminuição da biomassa e a modificação da composição florística, podem ser relacionados com o aumento da saturação de alumínio.

3.2. ANATOMIA DA MADEIRA E CONDIÇÕES ECOLÓGICAS

As relações entre a estrutura da madeira e as características climáticas têm sido amplamente estudadas, sendo Baas (1973) e Carlquist (1975) os pioneiros nesta abordagem da anatomia da madeira. Trabalhos posteriores, desenvolvidos em exemplares tanto de regiões temperadas quanto tropicais, constataram que as variações ambientais se refletem na estrutura do lenho (BAAS; WERKER; FAHN,

1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; GÓMEZ E MUÑIZ, 1986; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005).

Dentro da estrutura do lenho, os vários elementos celulares podem sofrer influência do ambiente e apresentar variações. Dentro deste contexto, pode-se citar (i) Carlquist (1977); Carlquist (1982); Baas, Werker e Fahn (1983); Barajas-Morales (1985); Marcati, Angyalossy-Alfonso e Benetati (2001); Melo Júnior (2003) e Luchi (2004), que demonstram variações relacionadas ao diâmetro, comprimento e frequência de vasos; (ii) Villagra e Roig Juñent (1997) com relação à distribuição e arranjo do parênquima axial; (iii) Barajas-Morales (1985); Ceccantini (1996); Luchi (2004) com relação ao comprimento e espessura da parede das fibras; (iv) Den Outer e Van Veenendaal (1976); Luchi (2004); Luchi, Silva e Moraes (2005) com relação à altura e à largura dos raios, ou ainda, com relação à presença de camadas de crescimento (Luchi, 2004).

Fatores como seca, inundação, altitude, latitude, constituição do solo, estádios sucessionais da vegetação e poluição podem alterar significativamente a estrutura anatômica do xilema secundário (COSTA *et al*, 2003), afetando diretamente a atividade cambial (AMANO, 2007).

A partir de numerosas evidências, alguns autores estabeleceram tendências gerais relacionando a anatomia do xilema secundário a ambientes xéricos e méxicos (CARLQUIST, 1977; BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987). Baas (1973), no estudo de 81 espécies de *Ilex*, verificou que as variações quantitativas e qualitativas estão mais fortemente relacionadas à latitude e altitude. Van der Graaf e Baas (1974) reforçaram diferenças entre espécies de um mesmo gênero em clima subtropical/temperado e tropical, concluindo que há uma tendência de “miniaturização” nos elementos celulares das espécies temperadas.

Algumas tendências ecológicas foram estabelecidas quanto aos tipos celulares que compõem o xilema secundário, principalmente em relação aos elementos de vaso, cujos aspectos são os mais estudados e apresentam maior variação ambiental (BAAS; WERKER; FAHN, 1983, BARAJAS - MORALES, 1985; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005). No geral, indivíduos de áreas mais secas possuem elementos de vaso de menor diâmetro (BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; LUCHI, 2004) e em maior frequência, como forma de garantir o

fluxo hídrico (BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; LINDORF, 1994, ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000).

Com relação ao parênquima axial, há uma tendência das espécies temperadas possuírem parênquima difuso escasso, enquanto nas tropicais e subtropicais este é mais abundante com distribuição difusa e difusa em agregados (BAAS, 1973; WHEELER; BAAS, 1991). Outros trabalhos relacionam a maior abundância de parênquima axial com ambientes mais secos (FAHN; WERKER; BAAS, 1986; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005) e com baixas latitudes (WILKINS; PAPASSOTIRIOU 1989).

Relata-se uma tendência de espécies tropicais possuírem maior abundância de raios altos, enquanto em regiões temperadas o mesmo ocorre para raios baixos (BAAS, 1973). A largura dos raios não demonstrou possuir uma correlação direta com a latitude (BAAS, 1973), bem como com outros parâmetros ambientais (FAHN; WERKER; BAAS, 1986; ZHONG; BAAS; WHEELER, 1992; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002).

Observa-se que fibras com paredes mais finas são mais freqüentes em ambientes úmidos, enquanto fibras com paredes mais espessas são encontradas em ambientes mais secos (FAHN; WERKER; BAAS, 1986; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LUCHI, 2004; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005; BOSIO, 2008). Barajas-Morales (1985) encontrou fibras mais curtas em plantas de ambiente mais xérico, reforçando o afirmado por Chalk (1983) e constatado por Luchi (2004) e Bosio (2008), de que as fibras de espécies de ambientes xéricos tendem a ser mais curtas do que as de ambientes méxicos.

A existência de camadas de crescimento é relatada para espécies tropicais em clima sazonal com períodos de seca bem definidos (BAAS, 1973). Worbes (1989, 1995) confirma que espécies de regiões tropicais apresentam camadas de crescimento distintas em locais com flutuações na disponibilidade hídrica. Vários estudos demonstram uma estreita relação entre estresse hídrico, fenologia e atividade cambial (VETTER; BOTOSSO, 1989; BOTOSSO; VETTER, 1991; BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001; FERREIRA, 2002; MARIA, 2002; LISI *et al.*, 2008). A presença de anéis de crescimento em 48% das espécies estudadas por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) revela que as madeiras de muitas espécies tropicais possuem anéis de crescimento anatomicamente bem demarcados, como observado por Mainieri, Chimelo e Alfonso (1983) e por Gómez e Muñiz (1986).

3.3. ANATOMIA ECOLÓGICA DA MADEIRA DE ESPÉCIES DE CERRADO

Algumas tendências foram observadas em estudos de anatomia ecológica do xilema secundário em espécies do Cerrado. Estudou-se a anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* em áreas floresta e cerradão (MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONSO; BENETATI, 2001) e em diferentes substratos em área de cerrado no Estado do Paraná (MELO JÚNIOR, 2003). No primeiro caso foram encontradas diferenças significativas apenas para diâmetro dos elementos de vaso, maiores no cerradão, e para diâmetro das pontoações intervasculares, maiores nos espécimes de floresta. Com relação à presença de vasos maiores em espécies de cerrado, os mesmos resultados foram encontrados por Ceccantini (1996) e Mina-Rodrigues (1986), comparando respectivamente o lenho de *Casearia sylvestris* e *Pera glabrata* de cerrado e floresta. Mello Júnior (2003) encontrou vasos de menor diâmetro em área de solo raso sob influência de um curso d'água (neossolo flúvico); elementos de vaso mais longos tanto em solos rasos quanto profundos (neossolo flúvico e latossolo) em oposição aos vasos mais curtos presentes em área de baixa retenção de água (aflorentos areníticos).

Ao estudar variedades de mata e cerrado de *Sclerolobium paniculatum*, Pereira (1990) constatou a presença de vasos mais longos, largos e freqüentes, bem como pontoações mais amplas na variedade de mata, enquanto na variedade de cerrado o oposto foi verificado, corroborando com a tendência geral de elementos de vasos mais longos e largos para ambientes mais mésicos.

Chimello e Mattos Filho (1988 *apud* ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002) observaram uma maior abundância no parênquima do lenho de espécies de cerrado e caatinga em comparação com as espécies de mata. Estas diferenças foram associadas com a qualidade e umidade do solo, dado que solos de cerrado são comumente ácidos e oligotróficos. Pereira (1990) encontrou parênquima aliforme e mais abundante em variedade de *Sclerolobium paniculatum* de cerrado em comparação à variedade de mata.

Raios mais largos foram encontrados em espécies de cerrado e caatinga e raios mais estreitos em ambientes de floresta (CHIMELLO; MATTOS FILHO, 1988 *apud* ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002). Pereira (1990) não encontrou diferenças significativas para a altura e freqüência de raios em variedades de

Sclerobium paniculatum de cerrado e mata, no entanto, o referido autor constatou a presença de raios mais largos em ambiente de cerrado. Tendência semelhante foi constatada por Den Outer e Van Veeneendal (1976), que encontraram raios mais altos, largos e freqüentes em árvores de savana quando comparadas a árvores de mata. Mina-Rodrigues (1986) observou raios mais altos, porém menos freqüentes, em árvores de *Pera glabrata* de cerrado em oposição a floresta.

Para *Xylopia aromatica*, Luchi, Silva e Moraes (2005) constataram diferenças significativas para os raios de árvores em ambiente natural de cerrado (mais seco) e em sub-bosque de plantação de *Pinus elliottii* (mais úmido). Foram encontradas diferenças significativas para as variáveis: freqüência, altura em milímetros e em número de células e largura de raios, cujas dimensões em área de cerrado foram superiores às áreas de plantio.

Em estudo realizado com *Copaifera langsdorffii* em área de cerrado sob diferentes substratos, Melo Júnior (2003) encontrou raios mais altos em solos mais rasos, com menor disponibilidade hídrica e de nutrientes.

Pereira (1990) não encontrou diferenças para comprimento de fibra e diâmetro do lume entre árvores de cerrado e mata, no entanto, verificou diferenças significativas para o diâmetro total e a espessura da parede, sendo estas maiores em área de cerrado.

Camadas de crescimento foram observadas em *Styrax*, tanto na raiz quanto no caule (MACHADO *et al.* 2007), e em todas as espécies de cerrado estudadas por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000). Ao estudar a periodicidade da formação dos anéis de crescimento em espécies de cerrado, Coradin (2000) encontrou anéis anuais em espécies decíduas e sempre-verdes, bem como camadas indistintas ou mais de uma camada anual em espécies sempre-verdes. Em estudo realizado com 48 espécies representativas do Cerrado, Marcati, Oliveira e Machado (2006) encontraram camadas de crescimento bem definidas em 61% das espécies estudadas, mal definidas em 33% e ausentes em apenas 6%. A maior parte das espécies que apresentaram camadas distintas são decíduas ou semi-decíduas (63%) e a menor parte sempre-verdes (37%). Os marcadores anatômicos mais observados foram espessamento e achatamento das paredes das fibras, seguido pelo parênquima axial em faixas e em linhas marginais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Caryocar brasiliense* CAMBESSEDES (CARYOCARACEAE)

A família Caryocaraceae, da ordem Malpighiales segundo APG II (SOUZA; LORENZI, 2005), contém somente 25 espécies distribuídas em dois gêneros: *Anthodiscus* G.F.W. Meyer (09 espécies) e *Caryocar* L. (16 espécies) (PRANCE, 1990). É uma família de eucotiledôneas tropicais presentes desde a Costa Rica até o sul do Brasil e Paraguai, sendo a maior diversidade presente na Amazônia baixa e nas Guianas (DICKINSON, 1990) (Figura 01).



Figura 01. Ocorrência da família CARYOCARACEAE Voigt. **Fonte:** Missouri Botanical Garden (2008).

O gênero *Caryocar* L. abriga a espécie *Caryocar brasiliense* Camb., popularmente conhecida como pequi e característica do Cerrado. É uma espécie decídua presente em várias fitofisionomias, ocorrendo desde o campo cerrado, campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão distrófico, no Distrito Federal e nos Estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Piauí, Paraná, São Paulo e Tocantins (SILVA JÚNIOR, 2005).

O pequi produz frutos redondos (pequi: “pyqui”, do tupi “py”: pele e “qui”: espinho), aproximadamente do tamanho de uma laranja, com casca esverdeada e um caroço espinhoso e tenro, cuja amêndoa se come crua ou assada. A massa que envolve as sementes é amarelada, pastosa, farinácea, oleaginosa e rica também em proteínas. Além de fornecer óleo comestível, o pequi é utilizado como condimento no preparo de arroz, carne, feijão e outros pratos. A polpa é ainda empregada na fabricação de licores e sabão caseiro. As amêndoas fornecem óleo para os mais diversos fins, e a madeira é durável e utilizada regionalmente na fabricação de móveis, caixas, dormentes, mourões e postes, dentre outros usos (SILVA JÚNIOR, 2005). A entrecasca produz uma tintura castanho-escura de ótima qualidade, utilizada na produção de artigos de artesanato (AGÊNCIA BRASIL, 2007); da casca e das folhas é extraído corante amarelo, a casca é empregada em curtumes e suas raízes são tóxicas aos peixes (SILVA JÚNIOR, 2005).

Os frutos e folhas do pequi são muito utilizados pela população da região central do Brasil, seja para fins alimentícios ou terapêuticos. Relata-se seu uso medicinal no tratamento de doenças do aparelho respiratório, além de restaurador das energias e tônico (VIEIRA; MARTINS, 2000; AGÊNCIA BRASIL, 2007).

Pelo fato de o pequi ser pouco exigente quanto à fertilidade do solo (HARIDASAN, 2005), os teores minerais em seus frutos chegam a surpreender, conduzindo à hipótese de que ele seja uma planta bastante eficiente na extração de nutrientes do solo. Em estudo realizado em áreas com alta densidade de pequis no sudeste de Goiás (SANTANA; NAVES, 2003), verificou-se que embora os mesmos ocorram em solos considerados de baixo nível de fertilidade, há um aumento na densidade de árvores nas áreas com maiores valores de CTC total, fósforo e zinco extraíveis do solo. Relatou-se que o teor de potássio e a saturação por bases (V%) influenciaram positivamente a área basal média das árvores, enquanto os teores de H+Al e a CTC total indicaram uma correlação negativa com a mesma. O teor de potássio e a saturação por bases também demonstram ser fatores de influência na altura média das árvores, bem como na produção de frutos.

O pequi floresce geralmente entre setembro e novembro e frutifica de dezembro a abril. Em cerrados normalmente roçados para facilitar a pastagem do gado, encontram-se exemplares pequenos, com 1 metro de altura, carregados de

flores em épocas fora do tempo normal de floração (em janeiro, quando há veranicos) (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

Sua produção não é estável, verificando-se que em anos de muita chuva a produção é reduzida, enquanto nos anos de seca a produção é maior. Isto ocorre devido ao fato de que a chuva derruba as flores antes da sua fecundação, reduzindo a produção. Esta característica resultou no adágio popular “ano de pequi, ano de crise”, muito conhecido nas regiões interioranas do centro-oeste brasileiro (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

Com a expansão acelerada da agricultura e da pecuária nas regiões do Cerrado, os pequizeiros vêm sendo derrubados sistematicamente, correndo risco de extinção principalmente na região centro-oeste do país (AGÊNCIA BRASIL, 2007). O pequi, rico em vitaminas A, B e C, além de cálcio, fósforo, ferro e cobre, é de fundamental importância na alimentação das populações do interior de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Distrito Federal e Minas Gerais, além de outros Estados, nos quais é consumido em menor escala (AGÊNCIA BRASIL, 2007; MAGALHÃES *et al.*, 1988). O aspecto geral da planta pode ser observado na figura 02.

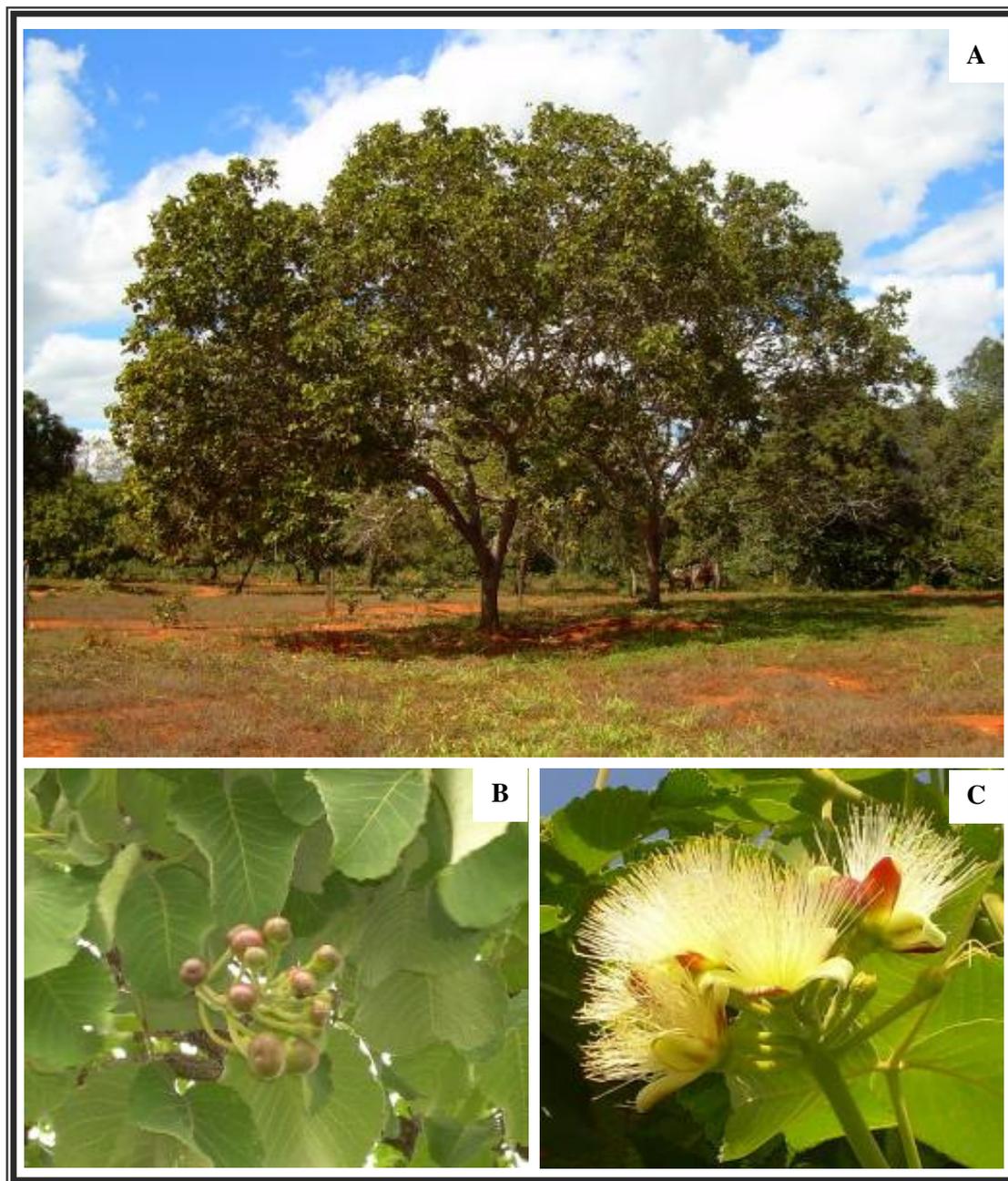


Figura 02. Aspecto geral da espécie *C. brasiliense* (A) árvore em área de cerrado no município de Formosa, GO; (B) frutos em estágio inicial de desenvolvimento (C) inflorescência com flores abertas.

4.1.1. Descrição botânica¹

Árvore hermafrodita de até 7m, velutino-pubescente salvo as flores e os frutos. Folhas opostas, compostas trifolioladas, longo-pecioladas com estípulas caducas deixando cicatriz interpeciolar; limbo oval, elíptico ou largamente oblongo; base aguda e obtusa no folíolo central e desigual nos folíolos laterais; margem crenada; nervação sulcada na face ventral e saliente na face dorsal; pecíolo com 3,0 a 13,5cm de comprimento. Inflorescência racemo-terminal curto com 10 a 30 flores. Flores actinomorfas, longo-pediceladas; sépalas 5, livres, verde-avermelhadas, arredondadas; corola amarela-clara; pétalas 5, livres, elípticas; estames numerosos em 2 a 3 séries, soldados na base; ovário súpero, 3 a 4 locular, globoso; estiletos 3 a 4, longos; estigmas 3 a 4, capitados. Fruto drupóide com 4,2 a 3,8 x 2,1 a 2,9 cm; mesocarpo amarelo-claro, carnoso; endocarpo lenhoso, espinhoso; sementes reniformes; cálice persistente.

4.1.2. Ecologia da espécie¹

Planta decídua, cuja floração ocorre logo após a emissão de folhas novas. Apresenta redução parcial da folhagem durante a estação seca (RIBEIRO *et al.*¹, 1981). Em cerrados do Distrito Federal foi observada floração entre junho a outubro, antes do período chuvoso e a maturação dos frutos de dezembro a janeiro da mesma estação chuvosa (RIBEIRO *et al.*¹, 1981). Florescimentos esporádicos foram também observados em abril (DUTRA¹, 1987), e em áreas de pastagem com freqüentes cortes (BARRADAS¹, 1972). Várias características identificam a polinização dessa espécie com a síndrome de quiropterofilia, tais como: estames com abundante quantidade de pólen pulverulento, volume médio de néctar produzido por flor (0,33mL), concentração de açúcar no néctar (13,6%), liberação de forte cheiro pela flor especialmente no período de antese, ao redor de 19 e 20 horas. Ocorre autopolinização, podendo cerca da metade dos botões desenvolverem-se

¹ *apud* Almeida *et al.* (1998)

para frutos (BARRADAS¹, 1972). No entanto, há relatos de taxas inferiores, com cerca de 3% dos ovários desenvolvendo-se para frutos maduros com apenas 1% dos óvulos desenvolvendo-se até a semente (GRIBEL¹, 1986). Os frutos alcançam a maturidade entre três e quatro meses após a floração. A dispersão de frutos é realizada por dois vetores, um marsupial (*Didelphis albiventris*) e um corvídeo (*Cyanocorax cristatellus*) (GRIBEL¹, 1986). O pequizeiro encontra-se bem representado em todas as fisionomias savânicas do Cerrado. Em cerrado *sensu stricto* e campo cerrado, o maior índice de valor de importância foi na primeira fitofisionomia, embora tenha se posicionado entre as dez primeiras espécies nas duas outras formações (AOKI; SANTOS¹, 1982). Em cerrados no Distrito Federal, a densidade foi de 15 indivíduos por hectare (MEDEIROS¹, 1983) e 43 indivíduos por hectare (MEIRELLES; LUIZ¹, 1995). Foi verificada distribuição agregada (MEIRELLES; LUIZ¹, 1995), além de não acumular alumínio em suas folhas (HARIDASAN¹, 1982). A coleta de frutos implica a exportação de nutrientes, e para cada tonelada de fruto fresco seguem 4,3kg de potássio, 1,8kg de nitrogênio e 0,1kg de fósforo (MIRANDA *et al.*¹, 1987).

4.2. ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo foram selecionadas de modo a abranger áreas representativas do bioma Cerrado nos Estados de São Paulo e Goiás (Figura 03).

¹ *apud* Almeida *et al.* (1998)

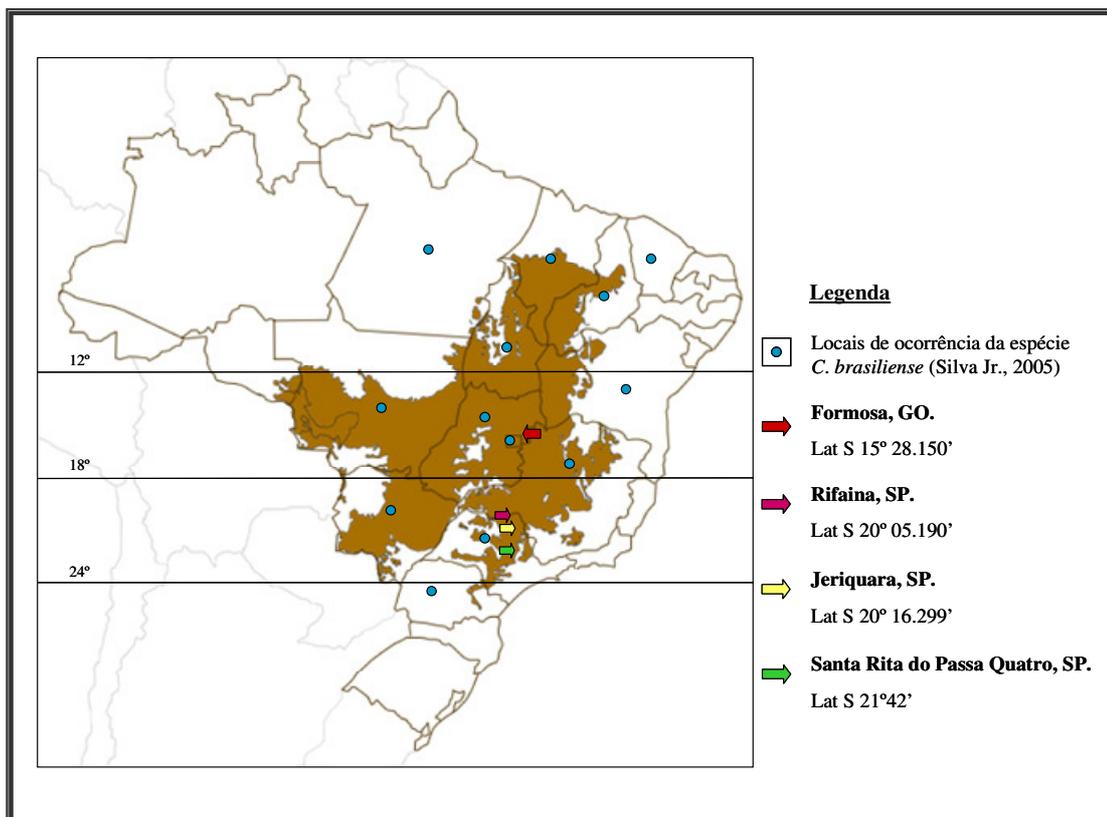


Figura 03. Localização das áreas de estudo em relação à distribuição do bioma Cerrado e aos Estados de ocorrência da espécie. **Fonte:** Adaptado de WWF Brasil (2008).

Coletou-se amostras de 6 árvores em fisionomias de cerrado s.s. em cada localidade estudada. Em Santa Rita do Passa Quatro foi possível incluir 6 amostras obtidas em fisionomia de cerradão, totalizando 12 árvores na referida localidade e 30 árvores no total. As áreas experimentais encontram-se descritas nos itens 4.2.1. a 4.2.4.

4.2.1. Parque Estadual da Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo)

O Parque Estadual da Vassununga localiza-se no município de Santa Rita do Passa Quatro (SP), às margens da Rodovia SP-330 e distante 70 km de Ribeirão Preto, entre as coordenadas geográficas 21°41' a 21°44' latitude Sul e 47°34' a 47°39' longitude Oeste. Pertencente ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo,

ocupa uma área total de 1.732,14ha, constituída por 6 glebas independentes: Capão da Várzea, Capetinga Oeste, Capetinga Leste, Praxades, Maravilha e Pé-de-gigante. A gleba Pé-de-gigante, com área de aproximada de 990ha, apresenta constituição de cerrado em suas diversas fisionomias; enquanto as demais são representativas do ecossistema de Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual). O presente trabalho foi realizado em duas áreas da gleba Pé-de-gigante, sendo uma em área de cerradão (Área I: Figura 04) e outra em cerrado *sensu stricto* (Área II: Figura 05).



Figura 04. (A e B) Árvores de *C. brasiliense* em área de cerradão (Área I) no Parque Estadual da Vassununga, gleba Pé-de-gigante.

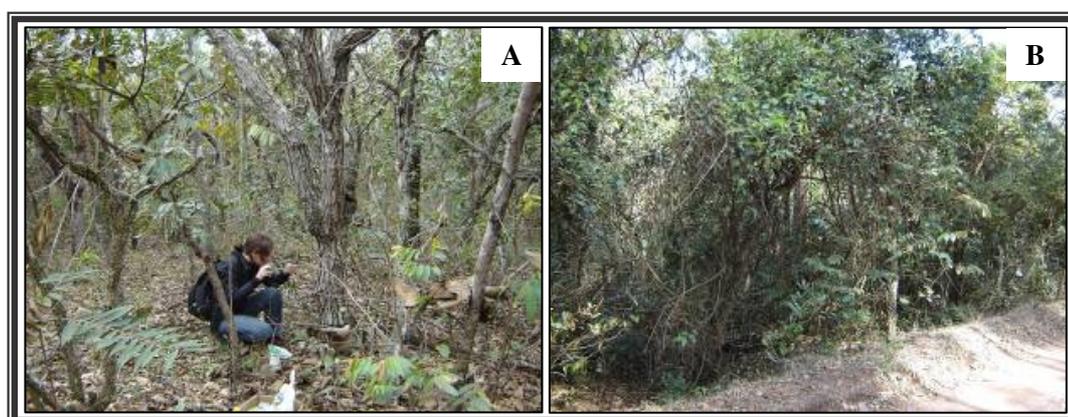


Figura 05. Área de estudo em cerrado *sensu stricto* (Área II) no Parque Estadual da Vassununga, gleba Pé-de-gigante. (A) Coleta de amostra em árvore de *C. brasiliense*; (B) Aspecto geral da área.

As glebas do Parque encontram-se entre altitudes de 600m a 780m, com tipo climático Cwag (temperado macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso) segundo classificação de Köppen (1948) (BATALHA, 1997).

A precipitação média anual é de 1.478mm, com média de 20mm no mês mais seco (julho) e 282mm no mês de maior precipitação (janeiro) (Figura 06). Apresenta déficit hídrico de 6 meses (abril a setembro, com pico em agosto) e excedente de 5 meses (novembro a março, com pico em janeiro) (Figura 07). A temperatura média anual é de 21,1 °C, com mínima de 17,6°C em julho e máxima de 23,5°C em fevereiro (ROLIM e SENTELHAS, 2008). A localização das áreas de estudo no interior do Parque pode ser observada na figura 08.

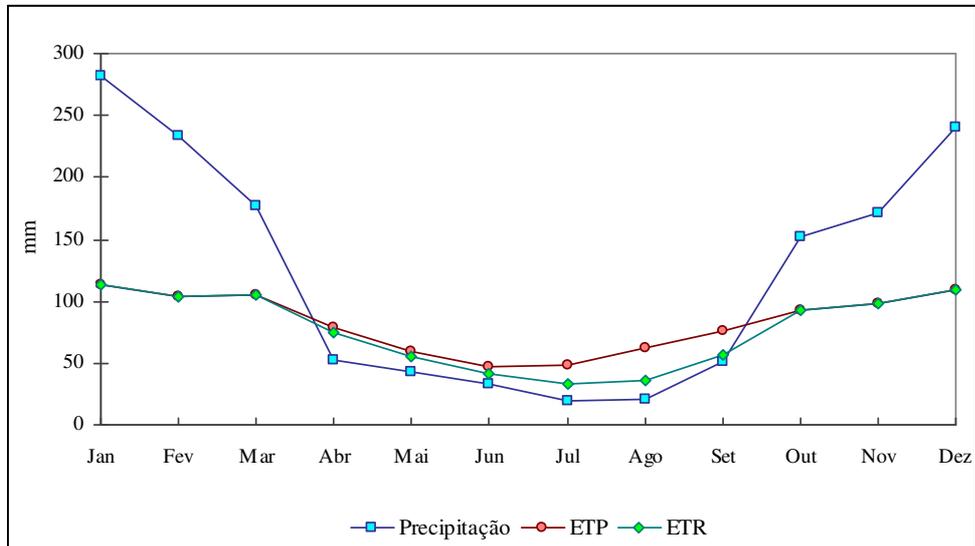


Figura 06. Balanço hídrico normal mensal para a região de Santa Rita do Passa Quatro, SP. Legenda: (ETP) Evapotranspiração potencial; (ETR) Evapotranspiração real. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

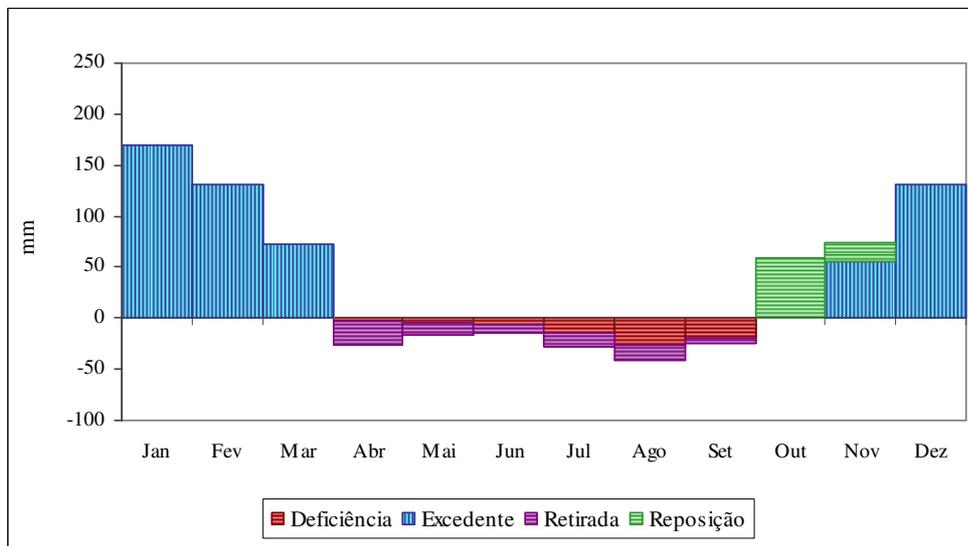


Figura 07. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

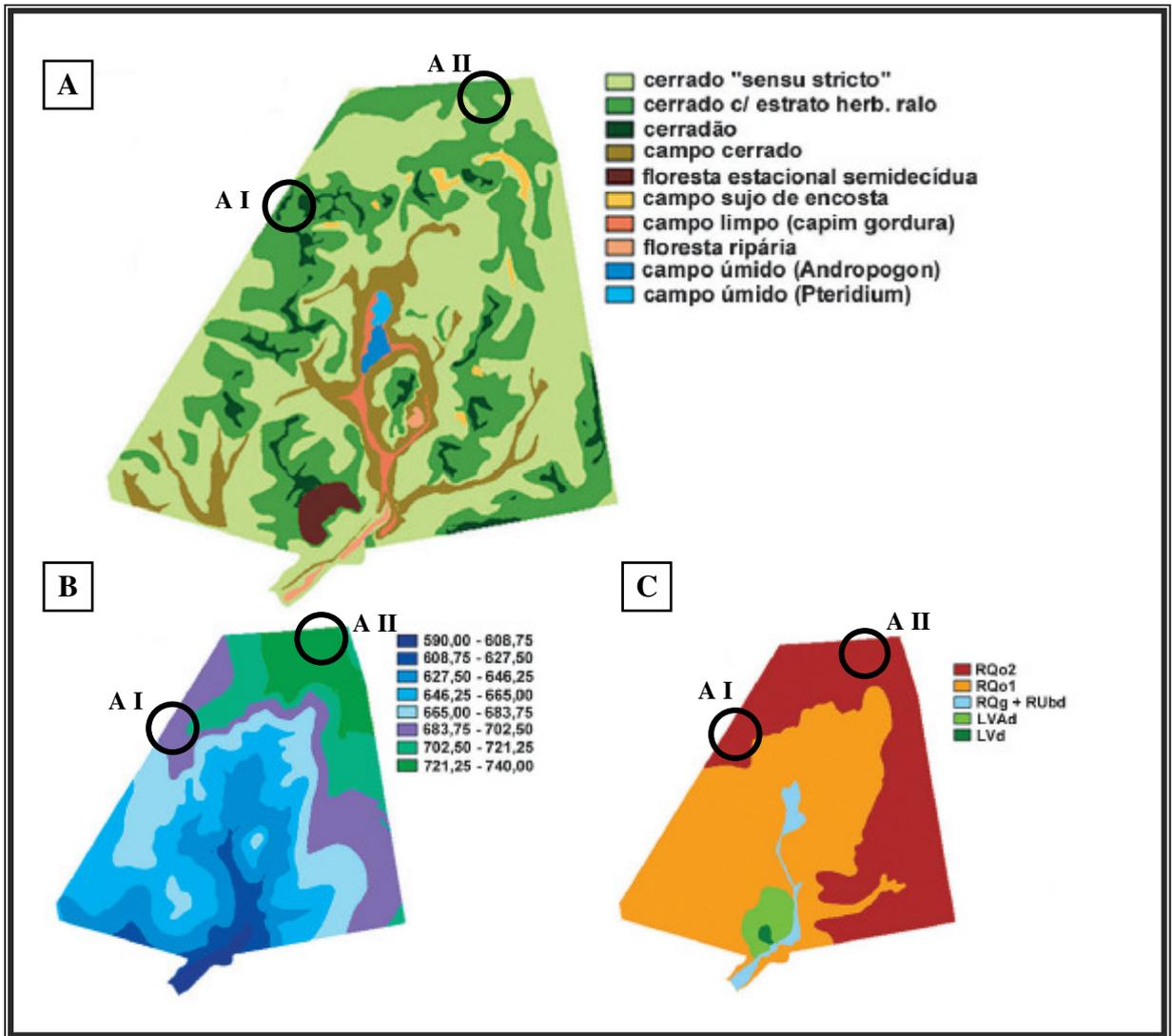


Figura 08. Localização das áreas de estudo (AI: cerradão; AII: cerrado s.s.) na gleba Pé-de-gigante, Parque Estadual da Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP. (A) Fitofisionomias presentes no Parque; (B) Classes altitudinais; (C) Classes de solos (RQo2: Neossolo Quartzarênico órtico típico eutrófico; RQo1: Neossolo Quartzarênico órtico típico álico; RQg+RUbd: Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos típicos e Flúvicos eutróficos; LVAAd: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico álico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico típico álico). **Fonte:** Ruggiero *et al.* (2006).

4.2.2. Propriedade particular (Jequara, São Paulo)

O município de Jequirara localiza-se no planalto de Franca, região noroeste do Estado de São Paulo. A área de estudo encontra-se entre as coordenadas geográficas 20°16.299' latitude Sul e 47°34.990' longitude Oeste, em altitude de 921m. A caracterização climática foi realizada com base no balanço hídrico de Franca (*cf.* item 4.2.3.). As coletas foram realizadas em pequenos fragmentos de cerrado *sensu stricto* (Figura 09).

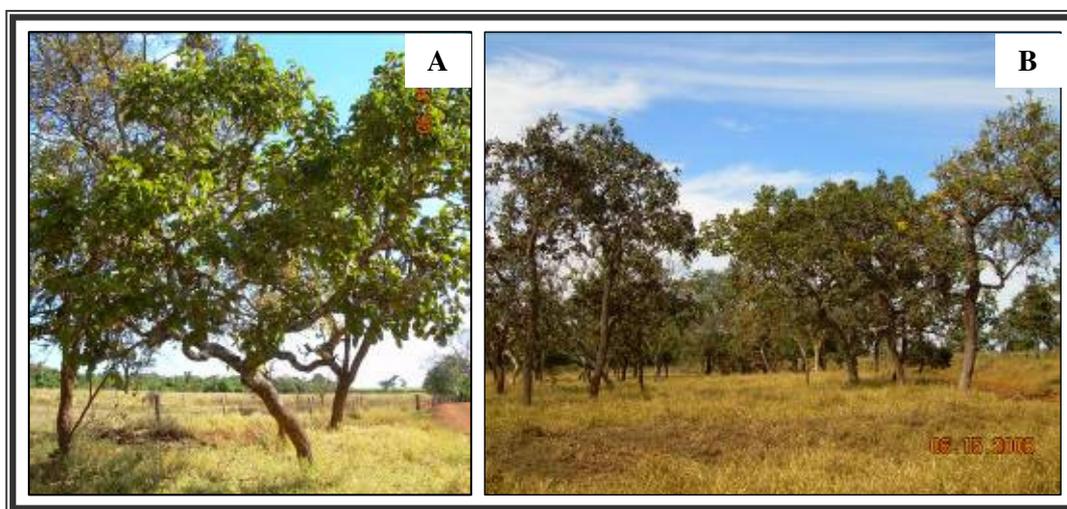


Figura 09. Área de estudo em cerrado *sensu stricto* no município de Jequirara, SP. (A) Árvore de *C. brasiliense*; (B) Aspecto geral da área.

4.2.3. Propriedade particular (Rifaina, São Paulo)

O município de Rifaina localiza-se na microrregião de Franca, próximo ao município de Pedregulho. A área de estudo encontra-se entre as coordenadas geográficas 20°05.190' latitude Sul e 47°26.075' longitude Oeste, em altitude de 611m. O tipo climático é tropical Aw (tropical com estação seca) segundo classificação de Köppen (1948). As coletas foram realizadas em área de cerrado *sensu stricto*, ilustradas na figura 10.



Figura 10. Área de estudo em cerrado *sensu stricto* no município de Rifaina, SP. (A) Árvore de *C. brasiliense* com sinais de passagem de fogo; (B) Aspecto geral da área.

Devido ao fato de não haver balanço hídrico específico para os municípios de Rifaina e Jeriquara, optou-se por expor o referente ao município de Franca (distante 40km de Jeriquara e 64km de Rifaina), por ser o disponível da localidade mais próxima das duas áreas. A precipitação média anual é de 1.545mm, com média de 11mm no mês mais seco (agosto) e 281mm no mês de maior precipitação (janeiro) (Figura 11). Apresenta déficit hídrico de 5 meses (maio a setembro, com pico em agosto) e excedente de 6 meses (novembro a abril, com pico em janeiro) (Figura 12) . A temperatura média anual é de 20,2°C, com mínima de 16,9°C em julho e máxima de 22,1°C em fevereiro (ROLIM; SENTELHAS, 2008).

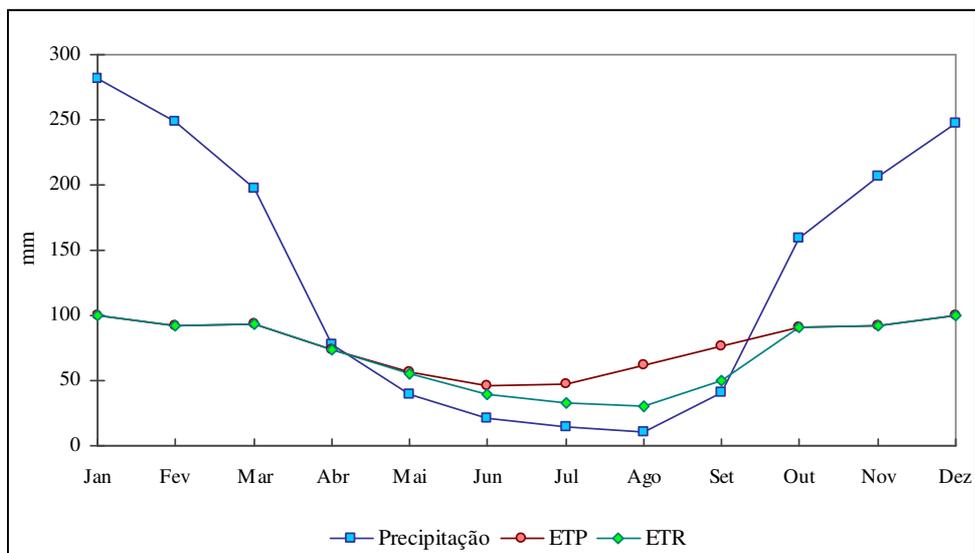


Figura 11. Balanço hídrico normal mensal para a região de Franca, SP. Legenda: (ETP) Evapotranspiração potencial; (ETR) Evapotranspiração real. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

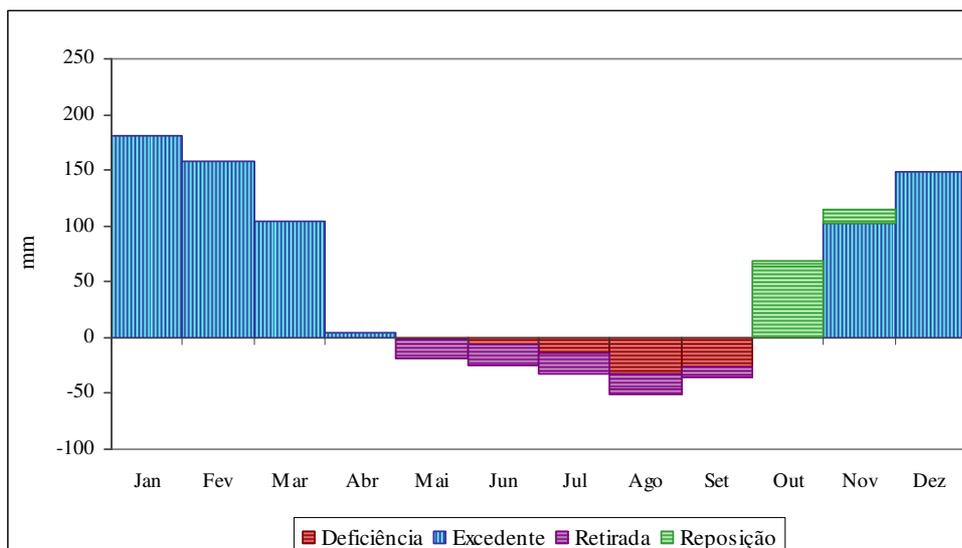


Figura 12. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Franca - SP. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

4.2.4. Propriedade particular (Formosa, Goiás)

A Fazenda do Engenho localiza-se no Estado de Goiás, região do Vale do rio Paranã, distante 36km da cidade de Formosa (15°28.150' latitude Sul - 47°44.374' longitude Oeste) e 110km de Brasília-DF. O acesso se dá pelo km 36 da rodovia GO-440. As coletas foram realizadas em área de cerrado *sensu stricto* (Figura 13).



Figura 13. Área de estudo em cerrado *sensu stricto* no município de Formosa. (A) Árvore de *C. brasiliense*; (B) Aspecto geral da área.

A Fazenda ocupa uma área de 490ha em altitude de 619m, cujos solos predominantes pertencem à classe LVA (Latosolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa). O tipo climático é tropical Aw (tropical com estação seca) segundo classificação de Köppen (1948). A precipitação média anual é de 1.487mm, com média de 4mm no mês mais seco (junho) e 294mm no mês de maior precipitação (dezembro) (Figura 14). Apresenta déficit hídrico pronunciado de 5 meses (maio a setembro, com pico em agosto) e excedente de 6 meses (novembro a abril, com pico em dezembro) (Figura 15). A temperatura média anual é de 21,5°C, com mínima de 18,9°C em julho e máxima de 22,5°C em dezembro e fevereiro (ROLIM; SENTELHAS, 2008).

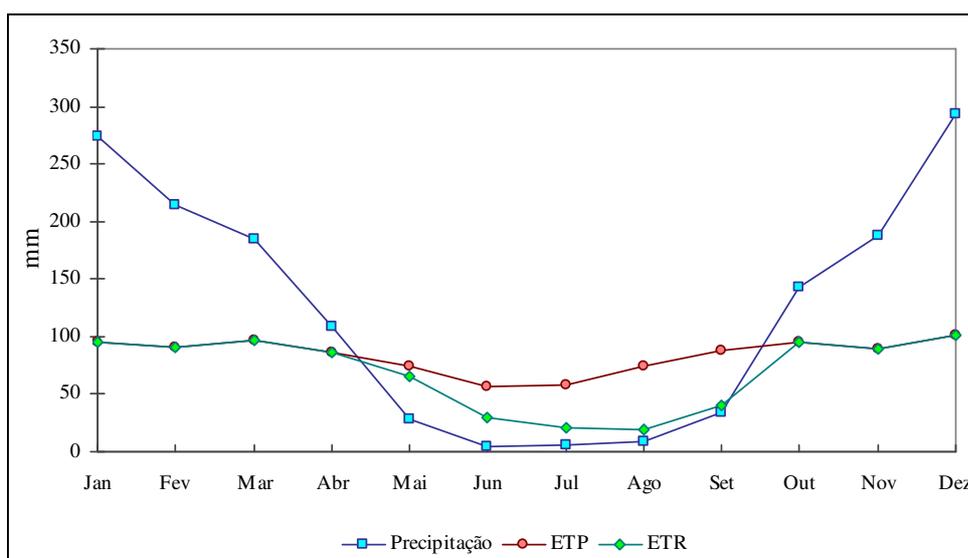


Figura 14. Balanço hídrico normal mensal para a região de Formosa, GO. Legenda: (ETP) Evapotranspiração potencial; (ETR) Evapotranspiração real. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

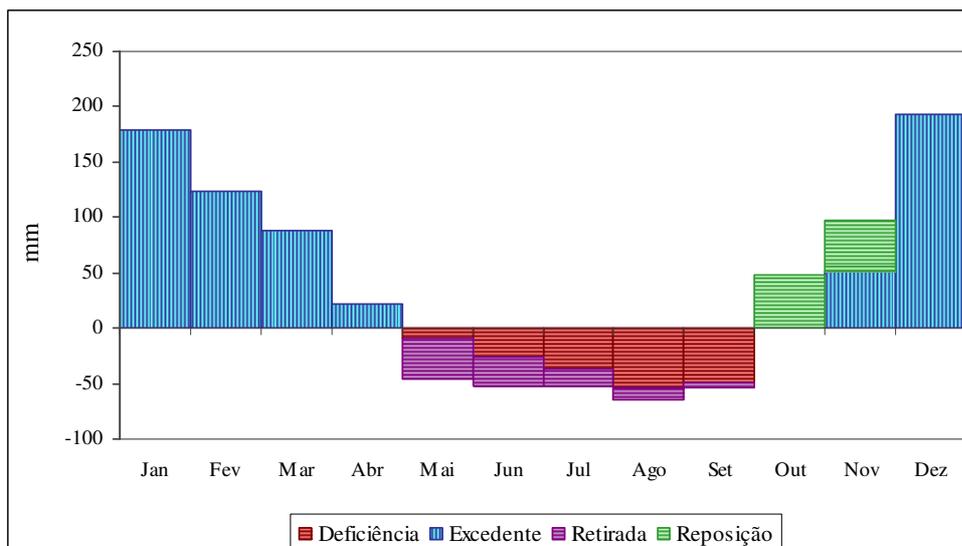


Figura 15. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para a região de Formosa - GO. **Fonte:** Rolim e Sentelhas (2008).

4.3. COLETA DAS AMOSTRAS DO LENHO

Para o estudo anatômico do lenho da espécie *C. brasiliense* empregou-se o método de coleta não destrutivo através do uso do extrator motorizado, visto que a obtenção de amostras de madeira com diâmetro igual ou superior a 10 mm com sondas manuais é difícil e apresenta muitas limitações.

A opção pelo método não destrutivo fundamentou-se em aspectos como (i) redução dos danos ambientais, uma vez que não implica no abate da árvore; (ii) promoção de danos mecânicos reduzidos no tronco quando comparada à extração de cunhas com motosserra; (iii) recuperação da árvore em tempo reduzido, tendo-se constatado uma rápida cicatrização em estudos anteriormente realizados; e (iv) obtenção de amostras de boa qualidade, podendo ser utilizadas tanto para estudos anatômicos quanto para estudos dendrocronológicos.

4.3.1. Extrator motorizado

O extrator motorizado é composto por um mandril, acoplando na sua extremidade uma sonda metálica com estrias em espiral de 15 x 2,5 cm (comprimento x diâmetro). Com a rotação do motor a sonda é introduzida no tronco da árvore, obtendo-se uma amostra cilíndrica de 10 x 2,0 cm (comprimento x diâmetro). O extrator metálico é retirado do tronco, com a amostra do lenho permanecendo presa à árvore, sendo cortada com uma pequena lâmina presa à extremidade de uma haste metálica. O procedimento de coleta encontra-se ilustrado na figura 16.

Deve-se ressaltar que os danos ocasionados às árvores pela coleta de amostras através de métodos não-destrutivos são localizados e pouco significativos, uma vez tomados os devidos cuidados após a extração (preenchimento e vedação adequada do orifício). Outro aspecto positivo consiste na rápida cicatrização do tronco em um intervalo de tempo reduzido, quando comparado aos danos causados por métodos mais agressivos (extração de cunha com motosserra).

Os orifícios deixados pela coleta são preenchidos com pedaços de madeira de mesmo diâmetro tratados com substâncias preservantes atóxicas para a árvore (tinta antifúngica) e massa de vidraceiro, conferindo resistência à madeira e dificultando o acesso de microorganismos e insetos xilófagos.

Em seguida, as amostras foram identificadas, dispostas em local ventilado e acondicionadas em sacos de papel, sendo esses periodicamente substituídos para permitir a perda de água e evitar o desenvolvimento de fungos. Em seguida, as amostras foram mantidas sob refrigeração e posteriormente encaminhadas aos Laboratórios de Anatomia e Identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná e da Universidade de São Paulo, nos quais foram iniciadas as análises.

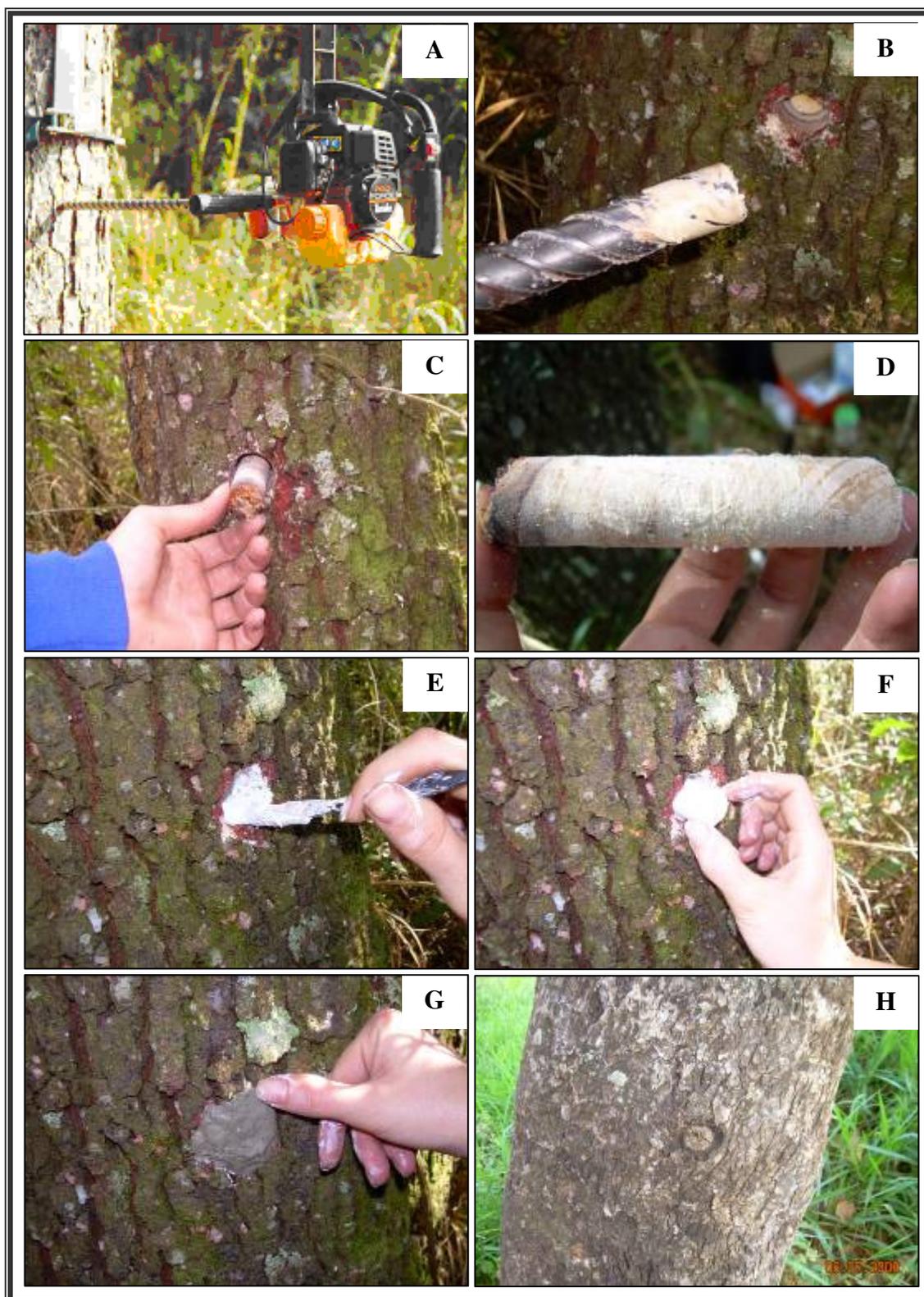


Figura 16. Procedimento de coleta de amostras do lenho. (A) Extrator motorizado; (B) Detalhe da sonda e da amostra presa à árvore; (C) Retirada da amostra; (D) Detalhe da amostra obtida; (E) Tratamento do orifício com tinta antifúngica; (F) Preenchimento do orifício com madeira tratada; (G) Vedação com massa de vidraceiro; (H) Cicatrização observada após 1 ano.

4.4. DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA ANATÔMICA DA MADEIRA

O estudo anatômico da madeira foi realizado a partir de amostras obtidas pelo método não destrutivo (*cf.* item 4.3.) em alturas variáveis do tronco, buscando-se, sempre que possível, coletar na altura do DAP (1,30m) e atingir a região da medula. Para tal, evitou-se a coleta de amostras próximas à bifurcações e/ou calosidades, em áreas retorcidas do tronco ou em locais com presença de madeira de reação, posto que estas apresentam características anatômicas diferenciadas das demais regiões do tronco (*ex.* fibras gelatinosas).

Como exposto anteriormente, foram amostradas duas fisionomias de cerrado apenas no Parque Estadual da Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP), enquanto nas demais áreas foram coletadas amostras em cerrado *sensu stricto*. Desta forma, foram amostradas 5 áreas de estudo: Santa Rita I (cerradão) (SP), Santa Rita II (cerrado s.s.) (SP), Jeriquara (SP), Rifaina (SP) e Formosa (GO). Foram amostradas 06 árvores por localidade estudada, perfazendo um total de 30 árvores.

Devido à dificuldade de se obter amostras representativas de toda a extensão do raio, selecionou-se a porção mais externa destas para a realização do estudo anatômico comparado (região próxima à casca), objetivando uma maior uniformização das sub-amostras.

4.4.1. Descrição macroscópica do lenho

Para a descrição macroscópica do lenho foram analisadas as características gerais da madeira: cerne/alburno, cor do cerne, brilho, odor/cheiro, resistência ao corte, grã e camadas de crescimento utilizando os critérios da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT, 1974), IAWA- “List of Microscopic Feature for Hardwood Identification” (IAWA-Committee, 1989) e as Normas e Procedimentos em Estudos da Anatomia da Madeira do IBAMA (1992).

4.4.2. Descrição microscópica do lenho

A descrição da estrutura microscópica do lenho foi realizada a partir da análise dos cortes histológicos da madeira dispostos em lâminas semi-permanentes e permanentes, bem como da dissociação do lenho (macerados), conforme exposto abaixo. Para cada amostra foram selecionados os melhores cortes para o preparo de lâminas permanentes.

⇒ Dissociação do lenho (maceração): através do método de Franklin descrito por Johansen (1940) e Sass (1951), consistindo no (i) preparo de finas lascas do lenho; (ii) transferência para tubos de ensaio com água destilada; (iii) substituição da água dos tubos pela solução macerante (ácido acético glacial/água oxigenada 120 vol, 1:1), (iv) transferência dos tubos perfeitamente fechados para estufa a 60°C/72 h; (v) remoção da solução macerante e lavagem do lenho dissociado com água; (vi) coloração com safranina aquosa; (vii) montagem entre lâmina e lamínula com glicerina. As fibras e elementos de vaso foram caracterizados e mensurados (fibras: comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede celular; vasos: comprimento dos elementos de vaso) para realização da descrição anatômica e estudo anatômico comparado.

⇒ Cortes histológicos do lenho – método semi-permanente: consiste no (i) preparo de três planos de estudo nos blocos de madeira (transversal e longitudinal tangencial e radial); (ii) amolecimento dos blocos de madeira em água a ebulição; (iii) cortes histológicos nos três planos, com espessura de aproximadamente 10-17 μm ; (iv) armazenamento dos cortes histológicos entre lâminas histológicas e papel metálico; (v) clarificação dos cortes histológicos com água sanitária (hipoclorito de sódio) e água destilada (20%); lavagem dos cortes histológicos em água destilada; (vi) coloração com safranina aquosa (1%); (vii) lavagem em água destilada; (viii) montagem em lâminas de vidro com glicerina (50%) e montagens dos cortes entre lâmina e lamínula. As lâminas semi-permanentes foram utilizadas na obtenção de imagens digitais para realização do estudo anatômico quantitativo e qualitativo.

⇒ Cortes histológicos do lenho - método permanente: difere do método semi-permanente a partir do item (vi), sendo: (vi) desidratação dos cortes em álcool etílico

(30/50%); (vii) coloração com safranina; (viii) desidratação em série alcoólica (50/80/90/100%); de acetato e álcool (1:1) e acetato de N-butila; (ix) seleção dos melhores cortes e montagem em lâminas de vidro com resina “Entelan[®]” e lamínula. As lâminas permanentes da madeira foram utilizadas na descrição da estrutura anatômica microscópica através das Normas COPANT (1974), IAWA (1989) e IBAMA (1992).

4.4.3. Avaliação da estrutura anatômica da madeira

Na avaliação da estrutura anatômica do lenho das árvores de *C. brasiliense* foram aplicados os procedimentos abaixo descritos:

A. Fibras

Lâminas de vidro com as células dissociadas do lenho foram examinadas em microscópio de luz e coletadas as imagens das fibras através de uma câmera digital. Este procedimento foi realizado para possibilitar a mensuração do comprimento das fibras (ampliação de 25x), bem como diâmetro total e do lume para cálculo da espessura da parede celular (ampliação de 400x). Foram mensuradas 50 fibras por amostra.

B. Elementos de vaso

Para a obtenção dos dados referentes aos elementos de vaso foram utilizados macerados e cortes histológicos do lenho. Imagens digitais dos elementos de vaso dissociados foram obtidas para posterior mensuração do comprimento dos mesmos (ampliação de 25x).

A determinação das demais variáveis referentes aos elementos de vaso foi realizada a partir de lâminas histológicas semi-permanentes. Para isto, foram examinadas 05 imagens da seção transversal do lenho do pequiheiro (ampliação de 25x), determinando-se (i) área da imagem; (ii) número de vasos totais e vasos simples e múltiplos de 2, 3, 4 ou 5 a mais células contidos na imagem digital; (iii) seleção por sorteio e mensuração do diâmetro de 10 vasos em cada imagem; (iv)

mensuração da área de todos os vasos contidos na imagem digital; (v) determinação da porcentagem da área ocupada pelos vasos (Equação 1); (vi) freqüência dos vasos (Equação 2), (vii) porcentagem de vasos com 1, 2, 3, 4 e 5 ou mais células em relação ao número de total de poros (Equação 3).

Equações

$$(1) \quad \text{Porcentagem de poros} = \frac{\text{área total de poros}}{\text{área da imagem digital}} \times 100$$

$$(2) \quad \text{Freqüência de poros}_{(\text{poros/mm}^2)} = \frac{\text{quantidade de poros}}{\text{área da imagem digital (mm}^2)}$$

$$(3) \quad \text{Porcentagem de poros solitários e múltiplos (2,3,4,5 ou mais células)} = \frac{\text{número de poros solitários ou múltiplos (2,3,4, 5 ou mais células)}}{\text{número total de poros}} \times 100$$

C. Parênquima radial

Em seção longitudinal tangencial foram coletadas 05 imagens digitais com ampliações de 25x. Nestas imagens foram demarcadas 2 linhas horizontais (1/3 e 2/3 da altura) e contados o número de raios que as cruzavam, determinando a freqüência de raios por milímetro linear da imagem digital (Equação 4). Mensurou-se, ainda, a altura e a largura dos raios, totalizando 50 raios para cada amostra.

Equação

$$(4) \quad \text{Freqüência de raios}_{(\text{raio/mm linear})} = \frac{\text{quantidade de raios}_{(\text{plano tangencial})}}{2 \times \text{largura da imagem digital}_{(\text{mm})}}$$

4.4.4. Programas utilizados na mensuração dos elementos anatômicos

Para a mensuração das dimensões dos elementos anatômicos das amostras do material macerado e das lâminas histológicas utilizou-se microscópio acoplado a uma câmara digital. As imagens digitais foram utilizadas no processo de medição dos elementos anatômicos pela aplicação de 2 softwares, sendo:

- ⇒ Programa de Análise de Imagem – SAIM desenvolvido pelo Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras da ESALQ/USP, utilizado na obtenção de dados referentes aos vasos (número, área, diâmetro tangencial) e raios (frequência).
- ⇒ Image Tool® desenvolvido pelo Health Science Center/Texas University - San Antonio, USA, utilizado na mensuração das fibras (comprimento, diâmetro da parede, diâmetro do lume e espessura da parede), vasos (comprimento) e raios (largura e altura).

4.5. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Amostras de solo foram coletadas em todas as áreas, exceto em Santa Rita do Passa Quatro (SP), para verificar a existência de correlações entre a estrutura anatômica do xilema secundário e as condições ambientais nas quais as árvores se desenvolvem (ex. química e fertilidade do solo).

Devido ao fato das árvores estudadas se encontrarem em áreas homogêneas não superiores a 10ha, foram retiradas amostras simples em 10 pontos de cada área de estudo em quatro profundidades, a saber: 0-5cm, 5-25cm, 40-60cm e 80-100cm (RUGGIERO *et al.*, 2006). Em seguida, foram obtidas amostras compostas representativas de cada área, por meio da homogeneização das amostras simples obtidas em cada profundidade. O material coletado foi devidamente acondicionado em sacos plásticos identificados e encaminhado ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do Setor de Ciências Agrárias da UFPR para a realização das análises química e física dos solos.

Nas áreas de estudo em Santa Rita do Passa Quatro (Áreas I e II), os dados de solos foram obtidos por meio de consultas bibliográficas (RUGGIERO; PIVELLO, 2005; RUGGIERO *et al.*, 2006).

4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.6.1. Análise de variância

No estudo da variação da estrutura anatômica do lenho dos pequizeiros aplicou-se a análise de variância com o objetivo de verificar: (i) se a localização geográfica afeta a anatomia do lenho (fibras, vasos e parênquima radial) e (ii) verificar se há diferenças entre árvores. Para isto, realizou-se a análise de variância com dois critérios (localização geográfica e árvores), utilizando-se delineamento em blocos casualizados, no qual cada árvore constituiu um bloco.

O modelo geral pode ser observado na equação 05 e na tabela 01.

$$(05) \quad y_{ij} = \mu + a_i + b_j + e$$

Sendo:

y_{ij} : dimensão ou frequência do elemento anatômico na área i e árvore j ;

a_i : efeito da localização geográfica (áreas);

b_j : efeito da árvore;

e : efeito dos fatores não controlados.

Tabela 01. Análise de variância do parâmetro anatômico em relação à localização geográfica.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Regiões geográficas	4
Árvores	5
Resíduo	20
Total	29

As médias das variáveis referentes às áreas e árvores foram comparadas mediante aplicação do teste F ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), para verificar se as diferenças podem ser consideradas significativas do ponto de vista estatístico. De maneira análoga, aplicou-se o teste de Tukey para verificar em quais fatores residem tais diferenças.

4.6.2. Análise multivariada

A. Análise de conglomerados (clusters)

Realizou-se a análise de conglomerados com o objetivo de agrupar os indivíduos com base nas semelhanças e diferenças existentes entre localidades geográficas distintas. Nessa análise, as distâncias constituem o parâmetro utilizado para medir o grau de similaridade entre os objetos de estudo, sendo que cada variável corresponde a uma dimensão e cada objeto é representado por um ponto no espaço multidimensional resultante. Deste modo, quanto menor a distância, mais similares serão os objetos e, portanto, maior é a probabilidade de pertencerem ao mesmo grupo (AYRES; AYRES JÚNIOR, 2007).

Para a realização da referida análise, empregou-se a ligação completa como método de agregação, bem como distância euclidiana com standardização das variáveis.

B. Distância multivariada (Euclidiana)

A distância euclidiana auxilia na separação de indivíduos de espécies ou subespécies diferentes, buscando determinar a distância entre elas sob o ponto de vista evolutivo (AYRES; AYRES JÚNIOR, 2007). Neste caso em específico, seu emprego objetivou separar os indivíduos de uma mesma espécie (*C. brasiliense*) que ocorrem em áreas distintas para verificar quais são mais próximas ou mais distantes entre si, complementando o resultado obtido pela análise de conglomerados.

C. Análise discriminante

A análise discriminante determina a separação de grupos de indivíduos de acordo com os valores de suas variáveis (AYRES; AYRES JÚNIOR., 2007). Através desta análise pode-se obter:

- ⇒ as funções discriminantes de *Fisher* (Y_1 e Y_2) capazes de separar ou discriminar os grupos de indivíduos. As variáveis Y_1 e Y_2 são adimensionais, criadas de modo a permitir melhor separação entre os grupos analisados;
- ⇒ o diagrama que identifica os grupos e permite a visualização das separações e aproximações grupais;
- ⇒ a classificação de novos indivíduos em um dos grupos através da função discriminante de *Fisher*, sendo assim, torna-se possível comparar dados obtidos na literatura com os resultados encontrados no presente trabalho.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO

As principais características ambientais das áreas de estudo encontram-se resumidas na tabela 02.

Tabela 02. Características ambientais das áreas de estudo.

Características ambientais		Áreas de estudo				
		Santa Rita: AI [*] (SP)	Santa Rita: AII ^{**} (SP)	Jeriquara (SP)	Rifaina (SP)	Formosa (GO)
Coordenadas geográficas	Latitude	21°41' - 21°44' S	21°41' - 21°44' S	20° 16.299' S	20°05.190' S	15°28.150' S
	Longitude	47°34' - 47°39' W	47°34' - 47°39' W	47°34.990' W	47°26.075' W	47°44.374' W
	Altitude (s.n.m)	690 m	730 m	921 m	611 m	619 m
Clima	Temperatura	Média anual (°C)	21,5		20,2	21,5
		Médias mensais(°C)	17,6 (jul) - 23,5 (fev)		16,9 (jul) - 22,1 (fev)	18,9 (jul) - 22,5 (dez)
	Precipitação	Média anual (mm)	1.478		1.545	1.487
		Médias mensais (mm)	20 (jul) - 282 (jan)		11 (ago) - 281 (jan)	4 (jun) - 294 (dez)
	Balanço hídrico	Deficiência (mm)	6 meses (26,7mm - ago)		5 meses (32,2mm - ago)	5 meses (54,2mm - ago)
		Excedente (mm)	5 meses (169,3mm - jan)		6 meses (181,3mm - jan)	6 meses (192,4mm - dez)
		ETR (mm)	33,8 (jul) - 112,7 (jan)		29,6 (ago) - 99,7 (jan)	19,2 (ago) - 101,2 (dez)
	Classificação Köppen (1948)		Cwag ¹		Aw ²	Aw ²
Solos	Classes	RQo2 ⁴		LVAe ⁶	RQo1 ³	LVA ⁵

Legenda: (*) fisionomia de cerradão; (**) fisionomia de cerrado "sensu stricto".
⁽¹⁾ Temperado macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso; ⁽²⁾ Tropical com estação seca.
⁽³⁾ Neossolo quartzarênico álico; ⁽⁴⁾ Neossolo quartzarênico eutrófico; ⁽⁵⁾ Latossolo vermelho-amarelo distrófico; ⁽⁶⁾ Latossolo vermelho-amarelo eutrófico.

Pelo exposto na tabela 02, nota-se que Santa Rita do Passa Quatro delimitou a amostragem ao sul, enquanto Formosa delimitou a amostragem ao norte. Com isso, o estudo abrangeu áreas entre as latitudes 21°44' a 15°28' S, em longitudes de 47°26' a 47°44' W. O município de Jeriquara, no nordeste do Estado de São Paulo, abrigou a área de estudo em maior altitude (921m), enquanto Rifaina, distante 24km desta, abrigou a em menor altitude (611m). A temperatura média dos meses mais frios é menor em Jeriquara e Rifaina (16,9°C) e mais elevada em Formosa (18,9°C). Já em Santa Rita são observados os maiores valores de temperatura média nos meses mais quentes (23,5°C) e em Jeriquara e Rifaina, os menores valores (22,1°C).

A precipitação média anual apresenta variação reduzida entre as áreas, com mínima de 1.478mm em Santa Rita e máxima 1.545mm em Jeriquara e Rifaina. No entanto, o mesmo não pode ser afirmado da sua distribuição. Embora Santa Rita possua o déficit hídrico mais prolongado (6 meses), ele ocorre de forma menos severa quando comparado às demais áreas (26,7mm em agosto). Já em Formosa, tanto o déficit quanto o excedente hídrico são mais pronunciados do que nas demais áreas, atingindo valores de 54,2mm em agosto (déficit) e 192,4mm em dezembro (excedente). Neste aspecto, os municípios de Jeriquara e Rifaina compõem um meio-termo entre Santa Rita e Formosa, embora sejam mais semelhantes ao último.

Santa Rita se enquadra na classificação climática de Köppen (1948) como Cwag (clima temperado macrotérmico, moderadamente chuvoso de inverno seco não rigoroso), enquanto as demais áreas se enquadram na classificação climática Aw (clima tropical com estação seca).

Quanto às classes de solos, o município de Jeriquara se aproxima de Formosa por ambos se encontrarem sobre latossolos vermelho-amarelos, ainda que mais fértil em Jeriquara (eutrófico) e menos fértil em Formosa (distrófico). Já Santa Rita (áreas I e II) aproximou-se de Rifaina quanto ao tipo de solo, ambas situadas sobre neossolos quartzarênicos. Em Rifaina os solos são álicos, enquanto em Santa Rita são eutróficos, embora bastante ácidos.

5.2. DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO LENHO

Os dados referentes às dimensões dos elementos anatômicos em cada área de estudo encontram-se expostos nas tabelas 03 a 07 (Apêndice II). A amplitude de valores, bem como a distribuição dos dados em quartis podem ser visualizados nos gráficos de caixa (*box-plots*) em anexo (Figuras 17 a 19, Apêndice II).

As descrições anatômicas referentes às amostras obtidas em cada área de estudo encontram-se expostas nos itens 5.2.1 a 5.2.4. Imagens anatômicas complementares às pranchas encontram-se expostas em anexo (Figuras 20 a 22, Apêndice I).

5.2.1. Parque Estadual da Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)

A. Área I: Fisionomia de cerradão

Características gerais

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne amarelo-acinzentado e o alburno amarelo a amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** perceptível e característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte moderadamente dura a dura; grã direita a revessa; **textura** média; **camadas de crescimento** distintas.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados e em faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x nos planos transversal e tangencial, finos, numerosos; não estratificados, espelhado contrastado. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2-3 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas ou não pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (28,27%) e múltiplos radiais (71,73%) de 2 (36,03%), 3 (24,31%) e 4-5 ou mais células (11,4%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2-3; porosidade difusa, tilos presentes; freqüência 3,0-11,2.mm⁻² (poucos a numerosos), freqüentemente entre 4,4-8,5.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 80%), média 6,84.mm⁻², desvio-padrão 1,93.mm⁻²; área 0,072-0,164mm².mm⁻², média 0,120mm².mm⁻², desvio padrão 0,026mm².mm⁻²; porcentagem de área 7,30-16,59%, média 12,10%, desvio-padrão 2,62%; diâmetro tangencial 33,33-292,69µm (muito pequenos a grandes), sendo mais freqüentes os de 62,1-119,8µm (pequenos a medianos, 32%) e 177,4-206,2 (medianos a grandes, 18,7%), de paredes delgadas e uniformes, de seção oval ou arredondados, média

144,51 μm , desvio-padrão 55,32 μm ; comprimento dos elementos 225,05-889,89 μm (muito curtos a muito longos), geralmente entre 372,8-594,4 μm (curtos a longos, 58%), apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, diâmetro de 7,53-13,39 μm , média 9,64 μm (médias a grandes); pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas e escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 2,41-19,76 μm , média 7,86 μm (diminutas a grandes); pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal, difuso a difuso em agregados; paratraqueal escasso; em faixas mais ou menos espessas, tendendo à reticulado. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes geralmente dispostas no centro, eretas e quadradas na periferia; predominam os multisseriados de 2-3 células, poucos unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; não estratificados; freqüência de 9,73-12,58. mm^{-1} (numerosos a muito numerosos), freqüentemente 11,2-12,6 mm^{-1} (muito numerosos, 73,34%), média 11,53 mm^{-1} , desvio-padrão 0,79 mm^{-1} , altura 175,37-1.015,48 μm (extremamente baixos a baixos), freqüentemente 268,7-548,7 μm (extremamente baixos a muito baixos, 70,3%), média 460,97 μm , desvio-padrão 138,26 μm ; largura 18,66-74,63 μm (muito finos a estreitos), comumente entre 31,1-43,5 μm (finos, 53,3%), média 38,23 μm , desvio padrão 8,84 μm . **Cristais** presentes, escassos, observados apenas em material dissociado. **Fibras** libriiformes; comprimento 1.499,19-2.874,49 μm (curtas a longas), freqüentemente entre 1.804,7-2.416,0 μm (longas, 71,7%), média 2.085,05 μm , desvio-padrão 282,24 μm ; diâmetro da fibra 13,10-40,87 μm (estreitas a largas), mais freqüentes entre 16,1-28,5 μm (estreitas a medianas, 80,3%), média 23,97 μm , desvio-padrão 4,64 μm ; espessura da parede 4,94-17,96 μm (delgadas a muito espessas), comumente entre 7,8-12,2 μm (delgadas a espessas, 61%), média 10,52 μm , desvio-padrão 2,37 μm ; pontoações simples; presença de fibras com crescimento intrusivo associadas à series cristalíferas, fibras com cavidades intrusivas e fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo espessamento e achatamento da parede celular das fibras; às vezes

acompanhado pelo parênquima em faixas, presente em dimensões variáveis (linhas a faixas espessas).

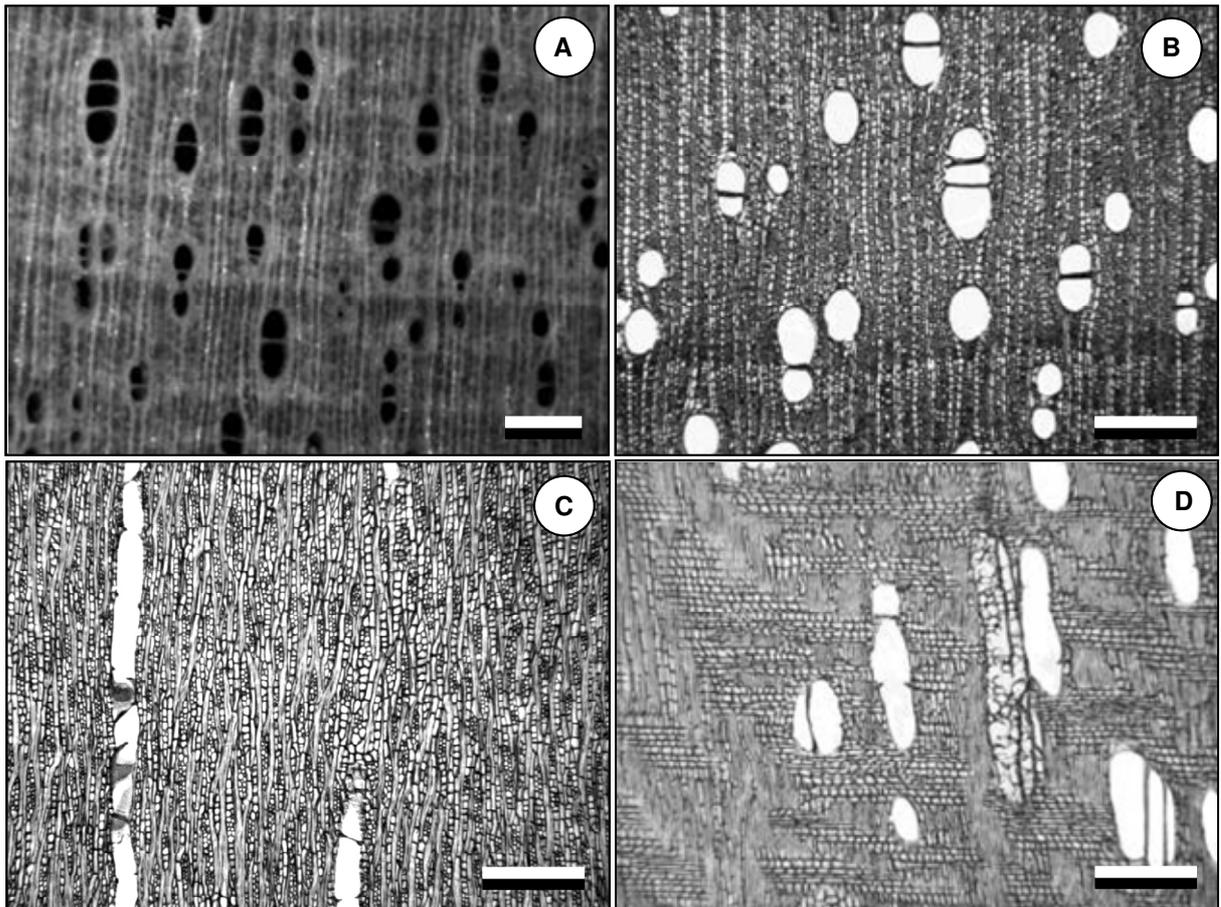


Figura 23. *Caryocar brasiliense* em Santa Rita do Passa Quatro, SP, área I: fisionomia de cerradão. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x). Escala barra (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m.

B. Área II: Fisionomia de cerrado *sensu stricto*

Características gerais

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne amarelo-acinzentado e o alburno amarelo a amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** perceptível e característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte moderadamente dura a dura; grã direita a revessa; **textura** média; **camadas de crescimento** distintas.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados; em faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x nos planos transversal e tangencial, finos, numerosos; não estratificados, espelhado contrastado. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2-3 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas ou não pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (23,04%) e múltiplos radiais (76,96%) de 2 (37,10%), 3 (23,84%) e 4-5 ou mais células (16,02%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2-3 células; porosidade difusa, tilos presentes; freqüência 3,49-12,30.mm⁻² (poucos a numerosos), freqüentemente 4,9-9,4.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 76,7%), média 6,79.mm⁻², desvio-padrão 2,05.mm⁻²; área 0,090-0,185mm².mm⁻², média 0,135mm².mm⁻², desvio padrão 0,027mm².mm⁻²; porcentagem 9,18-18,83%, média 13,65%, desvio-padrão 2,74%; diâmetro tangencial 33,33-293,18µm (muito pequenos a grandes), sendo mais freqüentes os de 119,9-235,4µm (medianos a grandes, 65%), de paredes delgadas e uniformes, seção oval ou arredondados, média 156,51µm, desvio-padrão 56,89µm; comprimento dos elementos 205,04-753,03 µm (muito curtos a muito longos), geralmente entre 387,7-509,5µm (curtos a longos, 39,67%), média 483,03µm,

desvio-padrão 14,20 μm ; apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal ou oval, diâmetro de 4,04-12,12 μm , média 7,10 μm (pequenas a grandes); pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas, escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 3,19-17,26 μm , média 8,32 μm (diminutas a grandes); pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal, difuso a difuso em agregados; paratraqueal escasso; em faixas mais ou menos espessas, ocasionalmente tendendo à reticulado. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes geralmente dispostas no centro, eretas e quadradas na periferia; predominam os multisseriados de 2-3 células, unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; não estratificados; freqüência de 11,36-14,24. mm^{-1} (muito numerosos), predominam entre 11,3-12,8. mm^{-1} (muito numerosos, 73,33%), média 12,40. mm^{-1} , desvio-padrão 0,76. mm^{-1} , altura 140,94-989,06 μm (extremamente baixos a muito baixos), freqüentemente 235,1-517,9 μm (extremamente baixos a muito baixos, 73,3%), média 427,87 μm , desvio-padrão 137,18 μm ; largura 18,52-81,48 μm (muito finos a estreitos), comumente 25,5-46,5 μm (muito finos a finos, 77,3%), média 38,28 μm , desvio padrão 9,74 μm ; **Cristais** presentes, escassos, observados apenas em material dissociado. **Fibras** libriformes, comprimento de 1.528,07-2.993,45 μm (curtas a longas), freqüentemente entre 1.853,7-2.342,2 μm (longas, 65,7%), média 2.151,99 μm , desvio-padrão 270,91 μm ; diâmetro da fibra 13,62-37,29 μm (estreitas a medianas), mais freqüentes entre 18,9-26,8 μm (estreitas a medianas, 64,7%), média 23,64 μm , desvio-padrão 4,13 μm ; espessura da parede 5,71-17,08 μm (delgadas a muito espessas), comumente entre 8,2-13,3 μm (delgadas a muito espessas, 78,7%), média 10,72 μm , desvio-padrão 2,04 μm ; pontoações simples; presença de fibras com crescimento intrusivo associadas à series cristalíferas, fibras com cavidades intrusivas e fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo espessamento e achatamento da parede celular das fibras; às vezes acompanhado pelo parênquima em faixas, presente em dimensões variáveis (linhas a faixas espessas); em algumas amostras associadas a uma sutil variação no diâmetro dos poros.

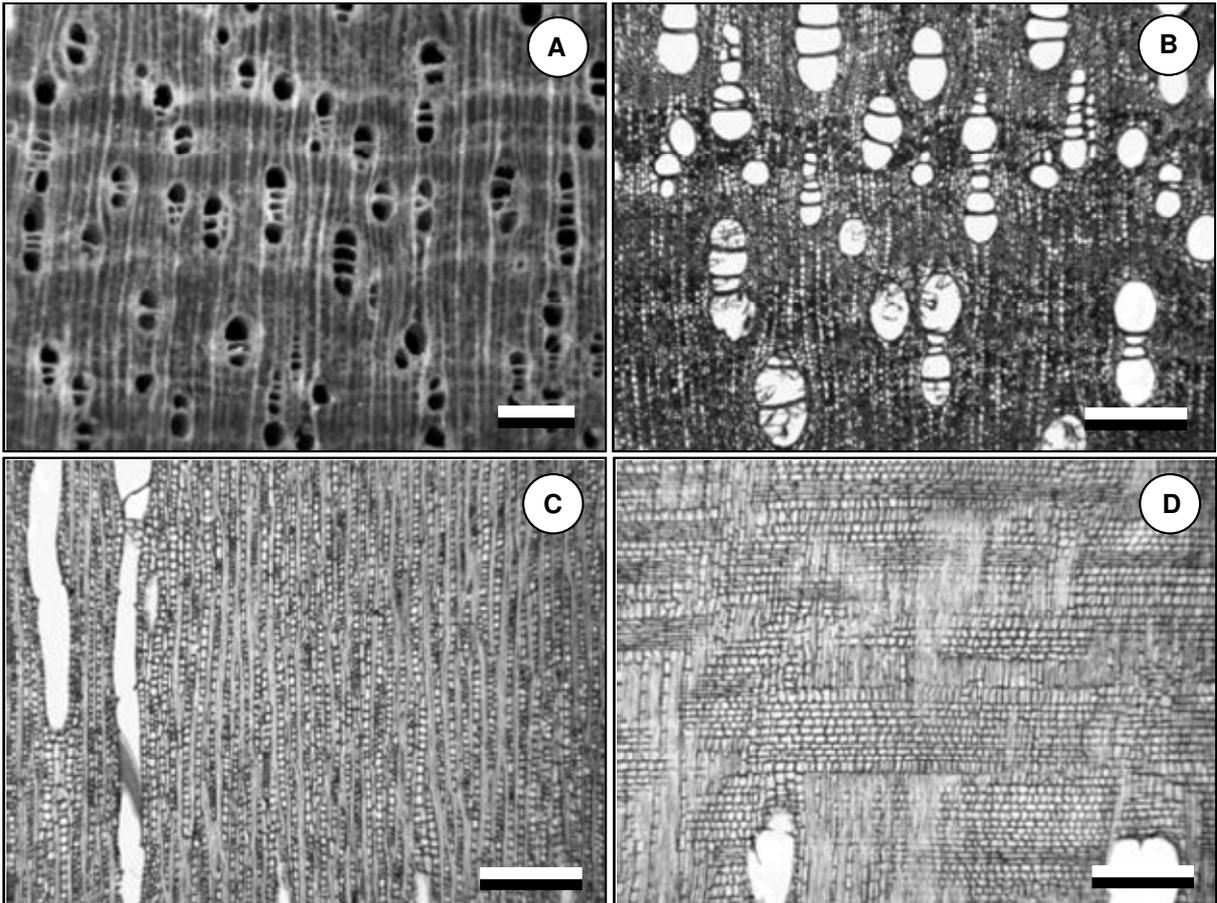


Figura 24. *Caryocar brasiliense* em Santa Rita do Passa Quatro, SP, área II: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x). Escala barra (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m.

5.2.2. Propriedade particular (Jeriquara, SP)

Características gerais

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-amarelado e o alburno amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** pronunciado e característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte dura; grã freqüentemente revessa; **textura** média; **camadas de crescimento** distintas.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados; abundante; em faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal e pouco visíveis mesmo sob lente de 10x no plano tangencial, finos, numerosos; não estratificados, espelhado contrastado. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2-3 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas ou não pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (26,50%) e múltiplos radiais (73,50%) de 2 (36,89%), 3 (23,14%) e 4-5 ou mais células (13,47%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2-3 células, poucos agrupados dispostos em cadeiras radiais; porosidade difusa, tilos presentes; freqüência 2,73-10,79.mm⁻² (muito poucos a pouco numerosos), freqüentemente 4,1-6,8.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 66,7%), média 5,92.mm⁻², desvio-padrão 1,85.mm⁻²; área 0,052-0,128mm².mm⁻², média 0,094mm².mm⁻², desvio padrão 0,021mm².mm⁻²; porcentagem 5,19-12,8%, média 9,44%, desvio-padrão 2,12%; diâmetro tangencial 37,04-303,70µm (muito pequenos a muito grandes), sendo mais freqüentes os de 96,3-155,6µm (muito pequenos a medianos, 51,3%), de paredes delgadas e uniformes, de seção oval ou arredondados, média 140,62µm, desvio-padrão 44,84 µm; comprimento dos elementos 238,88-938,24µm (muito curtos a muito longos), geralmente entre 316,5-627,4µm (curtos a longos, 76,67%), média 513,54µm, desvio-padrão 135,75µm;

apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, diâmetro de 6,06-11,16 μm , média 8,23 μm (pequenas a grandes); pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas, escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 7,14-24,58 μm , média 13,86 μm (médias a grandes); pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal, abundante, difuso em agregados; paratraqueal escasso; em faixas, ocasionalmente tendendo à reticulado. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes geralmente dispostas no centro, eretas e quadradas na periferia; predominam os multisseriados de 2-3 células, unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; não estratificados; freqüência de 8,56-12,75. mm^{-1} (numerosos a muito numerosos), freqüentemente 9,2-12,1. mm^{-1} (numerosos a muito numerosos, 83,3%), média 10,60. mm^{-1} , desvio-padrão 1,13. mm^{-1} , altura 172,29-1220,20 μm (extremamente baixos a baixos), freqüentemente entre 288,7-754,5 μm (extremamente baixos a muito baixos, 76,99%), média 528,69 μm , desvio-padrão 188,76 μm ; largura 18,66-85,82 μm (muito finos a estreitos), comumente 33,6-48,5 μm (finos, 71%), média 41,95 μm , desvio padrão 9,95 μm ; **Cristais** isolados, presentes em séries curtas de 1-3 células no parênquima axial. **Fibras** libríformes, comprimento 1.265,37-2.883,42 μm (curtas a longas), freqüentemente entre 1624,9-2344,1 μm (longas, 75%), média 2.053,36 μm , desvio-padrão 307,33 μm ; diâmetro da fibra 14,08-38,95 μm (estreitas a medianas), mais freqüentes entre 19,6-27,9 μm (estreitas a medianas, 59,3%), média 24,25 μm , desvio-padrão 4,91 μm ; espessura da parede 4,26-18,63 μm (delgadas a muito espessas), comumente entre 7,4-13,9 μm (delgadas a muito espessas, 72,7%), média 10,36 μm , desvio-padrão 2,99 μm ; pontoações simples; presença de fibras com crescimento intrusivo associadas à series cristalíferas, fibras com cavidades intrusivas e fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo espessamento e achatamento da parede celular das fibras, às vezes acompanhado pelo parênquima em faixas (linhas a faixas espessas); em algumas amostras associadas a uma sutil variação no diâmetro dos poros.

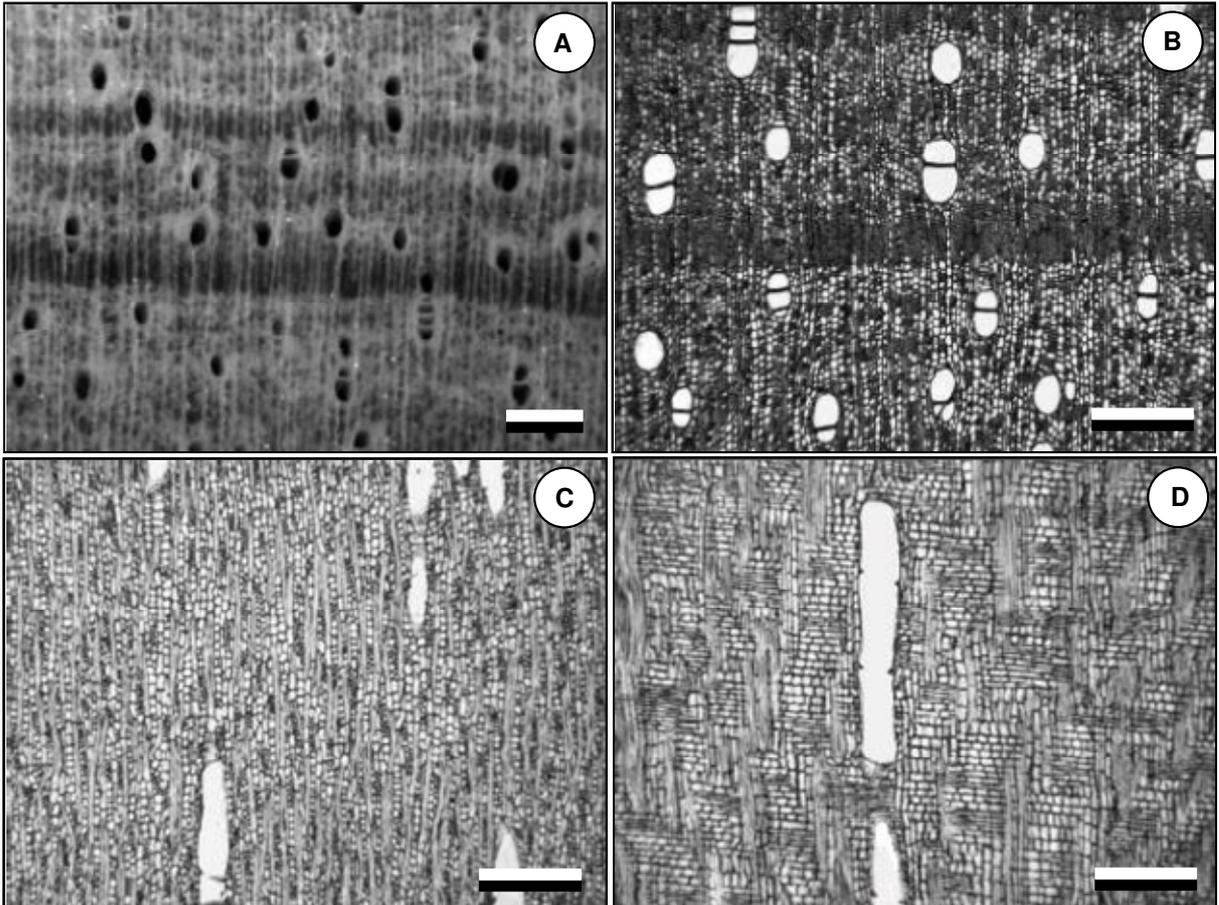


Figura 25. *Caryocar brasiliense* em Jeriquara, SP: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x). Escala barra (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m.

5.2.3. Propriedade particular (Rifaina, SP)

Características gerais

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-amarelado e o alburno amarelo a amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** pronunciado e característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte dura; grã freqüentemente revessa; **textura** média; **camadas de crescimento** distintas.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados, paratraqueal escasso, em faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal e pouco visíveis mesmo sob lente de 10x no plano tangencial, finos, numerosos; não estratificados, espelhado contrastado. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2-3 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas ou não pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (17,33%) e múltiplos radiais (82,67%) de 2 (45,32%), 3 (21,95%) e 4-5 ou mais células (15,4%), predominando geralmente múltiplos radiais de 2-3 células, raro agrupados; porosidade difusa, tilos presentes; **freqüência** 3,04-8,50.mm⁻² (poucos a pouco numerosos), freqüentemente 3,9-6,7.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 76,7%), média 5,62.mm⁻², desvio-padrão 1,22.mm⁻²; **área** 0,069-0,162mm².mm⁻², média 0,099mm².mm⁻², desvio padrão 0,022mm².mm⁻²; **porcentagem** 6,94-16,41%, média 9,99%, desvio-padrão 2,25%; **diâmetro tangencial** 33,33-304,06µm (muito pequenos a muito grandes), sendo mais freqüentes os de 63,4-213,8µm (pequenos a grandes, 80,67%), de paredes delgadas e uniformes, de seção oval ou arredondados, média 144,86µm, desvio-padrão 55,07 µm; **comprimento dos elementos** 224,25-1.097,34µm (muito curtos a extremamente longos), geralmente entre 321,2-612,3µm (curtos a longos, 72,34%),

apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal ou oval, diâmetro de 9,09-13,13 μm , média 11,49 μm (médias a grandes); pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas, escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 4,34-29,65 μm , média 12,83 μm (pequenas a grandes); pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal, abundante, difuso em agregados; paratraqueal escasso; em faixas, tendendo à reticulado. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes geralmente dispostas no centro, eretas e quadradas na periferia; predominam os multisseriados de 2-3 células, unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; não estratificados; freqüência de 8,05-12,25. mm^{-1} (numerosos a muito numerosos), freqüentemente 10,2-12,3. mm^{-1} (muito numerosos, 70%), média 10,55. mm^{-1} , desvio-padrão 1,13. mm^{-1} , altura 227,94-1.208,57 μm (extremamente baixos a baixos), freqüentemente 336,9-663,8 μm (extremamente baixos a muito baixos, 67,7%), média 554,02 μm , desvio-padrão 185,48 μm ; largura 22,06-80,88 μm (muito finos a estreitos), comumente 28,5-48,2 μm (muito finos a finos, 71,3%), média 40,85 μm , desvio padrão 11,34 μm ; **Cristais** romboédricos presentes nas células do parênquima axial em séries curtas, pouco freqüentes. **Fibras** libríformes, comprimento 1.075,73-2.820,55 μm (curtas a longas), freqüentemente entre 1.463,5-2.045,1 μm (curtas a longas, 67%), média 1.815,01 μm , desvio-padrão 297,72 μm ; diâmetro da fibra 13,00-38,36 μm (estreitas a medianas), mais freqüentes entre 21,4-29,9 μm (estreitas a medianas, 67%), média 25,57 μm , desvio-padrão 4,60 μm ; espessura da parede 5,61-17,06 μm (delgadas a muito espessas) comumente entre 6,9-9,4 μm (delgadas a muito espessas, 50,3%), média 9,68 μm , desvio-padrão 2,44 μm ; pontoações simples; presença de fibras com crescimento intrusivo associado à series cristalíferas, fibras com cavidades intrusivas, fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo espessamento e achatamento da parede celular das fibras, às vezes acompanhado pelo parênquima em faixas (linhas a faixas espessas); em algumas amostras associadas a uma sutil variação no diâmetro dos poros.

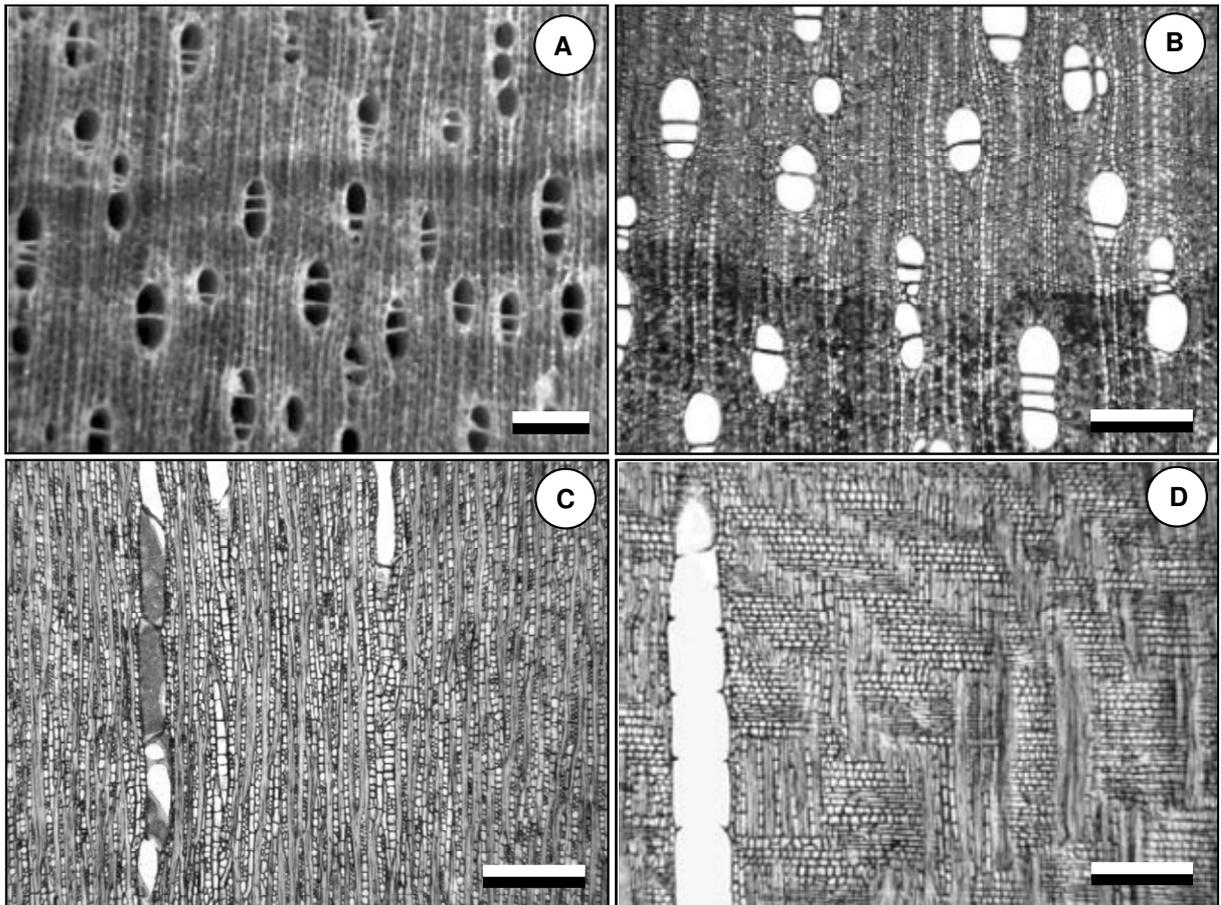


Figura 26. *Caryocar brasiliense* em Rifaina, SP: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x). Escala barra (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m.

5.2.4. Propriedade particular (Formosa, GO)

Características gerais

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-acinzentado e o alburno amarelo a amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte moderada; grã direita, às vezes revessa; **textura** média; **camadas de crescimento** distintas.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados, paratraqueal escasso, em faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal e pouco visíveis mesmo sob lente de 10x no plano tangencial, finos, numerosos; não estratificados, espelhado contrastado. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas ou não pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (46,27%) e múltiplos radiais (53,73%) de 2 (42,22%) e 3 (10,40%), sendo raros a ausentes os de 4-5 ou mais células (1,1%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2 células; porosidade difusa, tilos presentes; freqüência 2,58-7,59.mm⁻² (muito poucos a pouco numerosos), freqüentemente 3,4-5,1.mm⁻² (poucos, 53,3%), média 4,84.mm⁻², desvio-padrão 1,22.mm⁻²; área 0,065-0,141mm².mm⁻², média 0,104mm².mm⁻², desvio padrão 0,020mm².mm⁻²; porcentagem 6,49-14,05%, média 10,43%, desvio-padrão 1,97%; diâmetro tangencial 37,04-311,11µm (muito pequenos a muito grandes), sendo mais freqüentes os de 128,4-250,3µm (medianos a grandes, 63,33%), de paredes delgadas e uniformes, de seção oval ou arredondados, média 175,28µm, desvio-padrão 62,57µm; comprimento dos elementos 195,54-983,39µm (muito curtos a muito longos), geralmente entre 370,6-633,2µm (curtos a longos, 61%), média 525,34µm, desvio-padrão 153,26µm; apêndices em um ou ambos

extremos, muitas vezes ausentes, de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal ou oval, diâmetro de 7,95-16,88 μm , média 10,72 μm (médias a grandes); pontoações radiovasculares semi-areoladas, às vezes simplificadas, escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 6,25-10,17 μm , média 8,56 μm (pequenas a grandes); pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal, abundante, difuso em agregados; paratraqueal escasso; em faixas mais ou menos espessas, ocasionalmente tendendo à reticulado. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes geralmente dispostas no centro, eretas e quadradas na periferia; predominam os multisseriados de 2-3 células, poucos unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; não estratificados; freqüência de 8,78-14,02. mm^{-1} (numerosos a muito numerosos), freqüentemente 10,5-13,2. mm^{-1} (muito numerosos, 73,34%), média 11,58. mm^{-1} , desvio-padrão 1,23. mm^{-1} ; altura 212,01-2.200,85 μm (extremamente baixos a medianos), freqüentemente 212,0-875,0 μm (extremamente baixos a muito baixos, 71%), média 745,59 μm , desvio-padrão 370,43 μm ; largura 18,59-78,15 μm (muito finos a estreitos), comumente 25,1-45,0 μm (muito finos a finos, 64,7%), média 41,57 μm , desvio padrão 11,54 μm ; **Cristais** presentes, escassos, observados apenas em material dissociado. **Fibras** libriiformes, comprimento 1.226,11-2.914,74 μm (curtas a longas), freqüentemente entre 1.789,0-2.351,9 μm (longas, 62,7%), média 1.975,23 μm , desvio-padrão 312,31 μm ; diâmetro da fibra 34,64-96,93 μm (medianas a largas), mais freqüentes entre 48,5-69,3 μm (largas, 72%), média 58,91 μm , desvio-padrão 10,10 μm ; espessura da parede 6,59-37,95 μm (delgadas a muito espessas), comumente entre 13,5-24,0 μm (delgadas a espessas, 70,3%), média 20,79 μm , desvio-padrão 5,00 μm ; pontoações simples; presença de fibras com crescimento intrusivo associadas à series cristalíferas, fibras com cavidades intrusivas e fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo espessamento e achatamento da parede celular das fibras, às vezes acompanhado pelo parênquima em faixas (linhas a faixas espessas); em algumas amostras associadas a uma sutil variação no diâmetro dos poros.

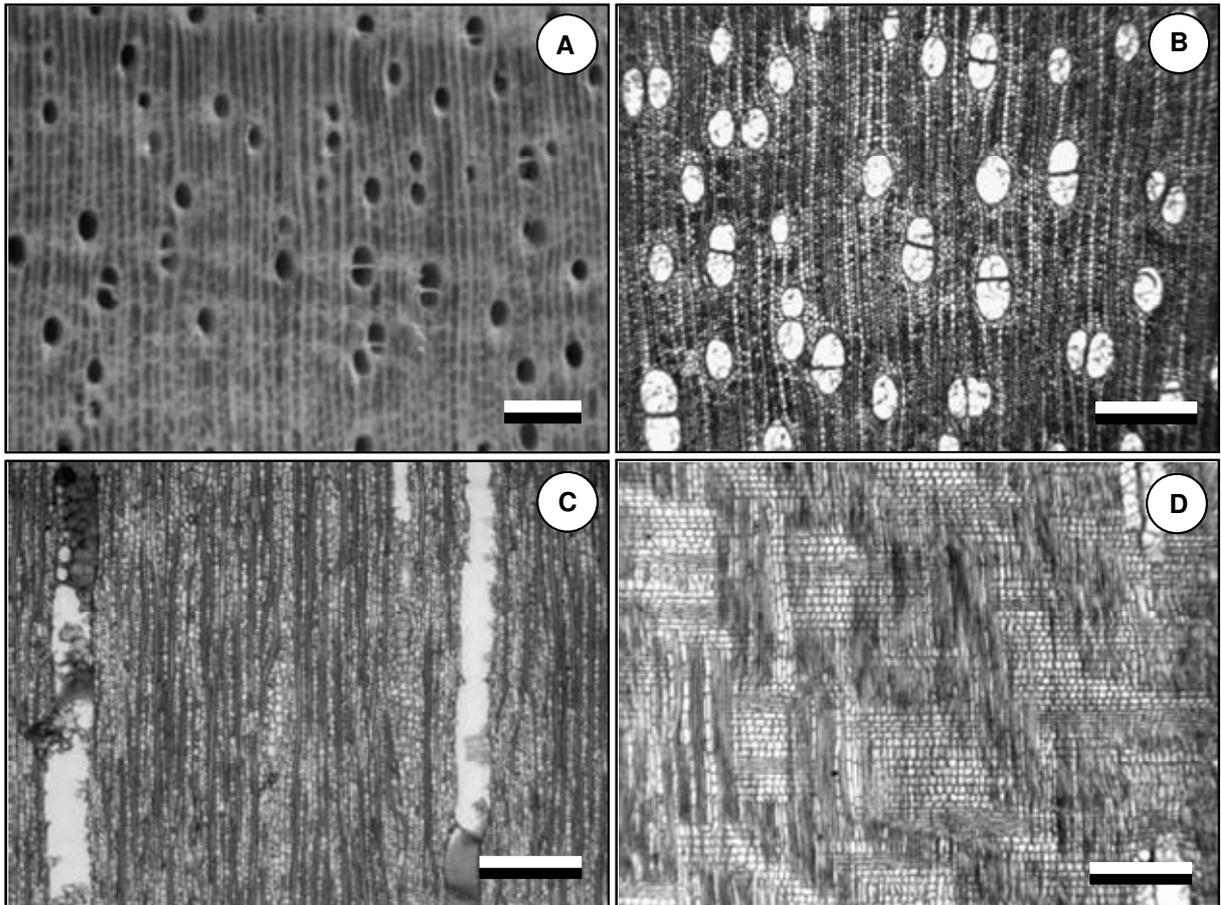


Figura 27. *Caryocar brasiliense* em Formosa, GO: fisionomia de cerrado s.s. (A, B) seções transversais (10x, 25x), (C, D) seções longitudinais tangencial e radial (25x). Escala barra (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m.

5.3. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS: SOLOS

Os dados referentes às características químicas e físicas dos solos encontram-se expostos nas figuras 28 a 30 e nas tabelas 08 a 10 (Apêndice II). Como ressaltado no item 4.4., as coletas foram realizadas apenas nos municípios de Jeriquara (SP), Rifaina (SP) e Formosa (GO), deste modo, os dados referentes ao município de Santa Rita do Passa Quatro (Figura 29) foram extraídos da literatura (RUGGIERO; PIVELLO, 2005; RUGGIERO *et al.*, 2006). Devido ao fato de tais dados apresentarem, na maioria das vezes, unidades distintas não passíveis de transformações, optou-se por apresentá-los em gráficos separados. Com isso, fez-se necessária a discussão em separado de tais áreas, dada a impossibilidade de compará-las diretamente.

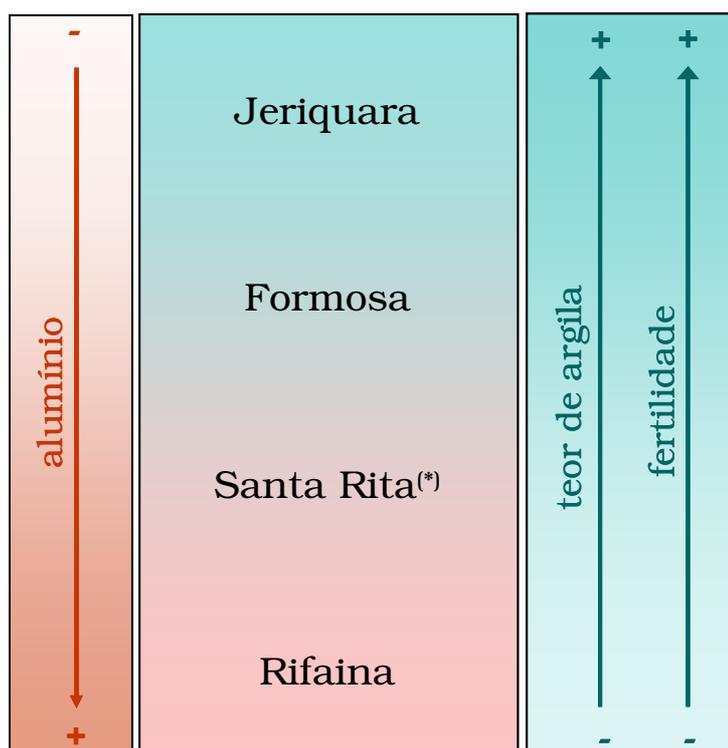


Figura 28. Ilustração representativa das características edáficas das áreas de estudo. Legenda: (*) posicionamento da localidade baseado na consulta de dados bibliográficos (RUGGIERO; PIVELLO, 2005; RUGGIERO *et al.*, 2006) expostos em unidades compatíveis.

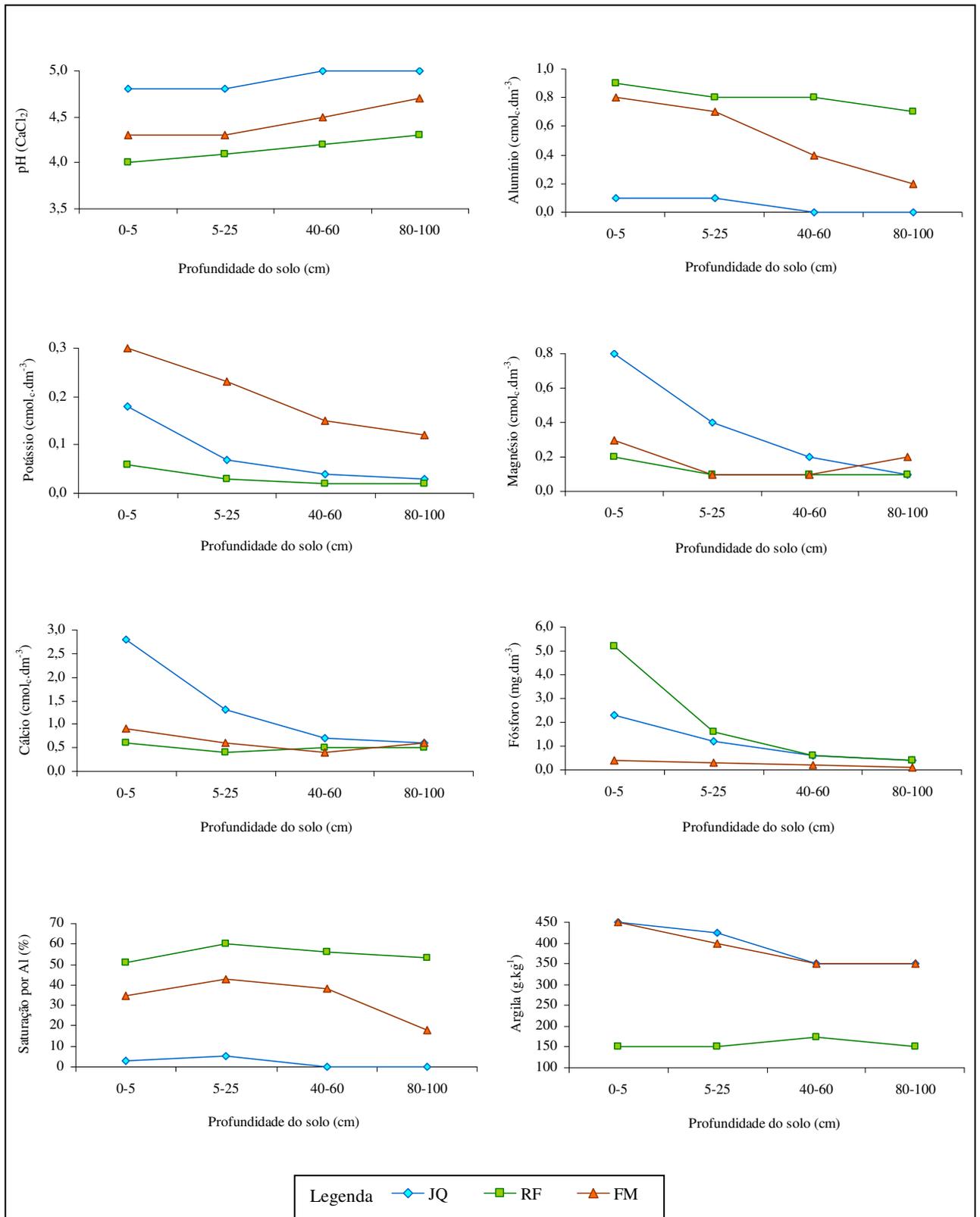


Figura 29. Gráficos comparativos das características químicas e físicas dos solos dos municípios de Jiquara (SP), Rifaina (SP) e Formosa (GO).

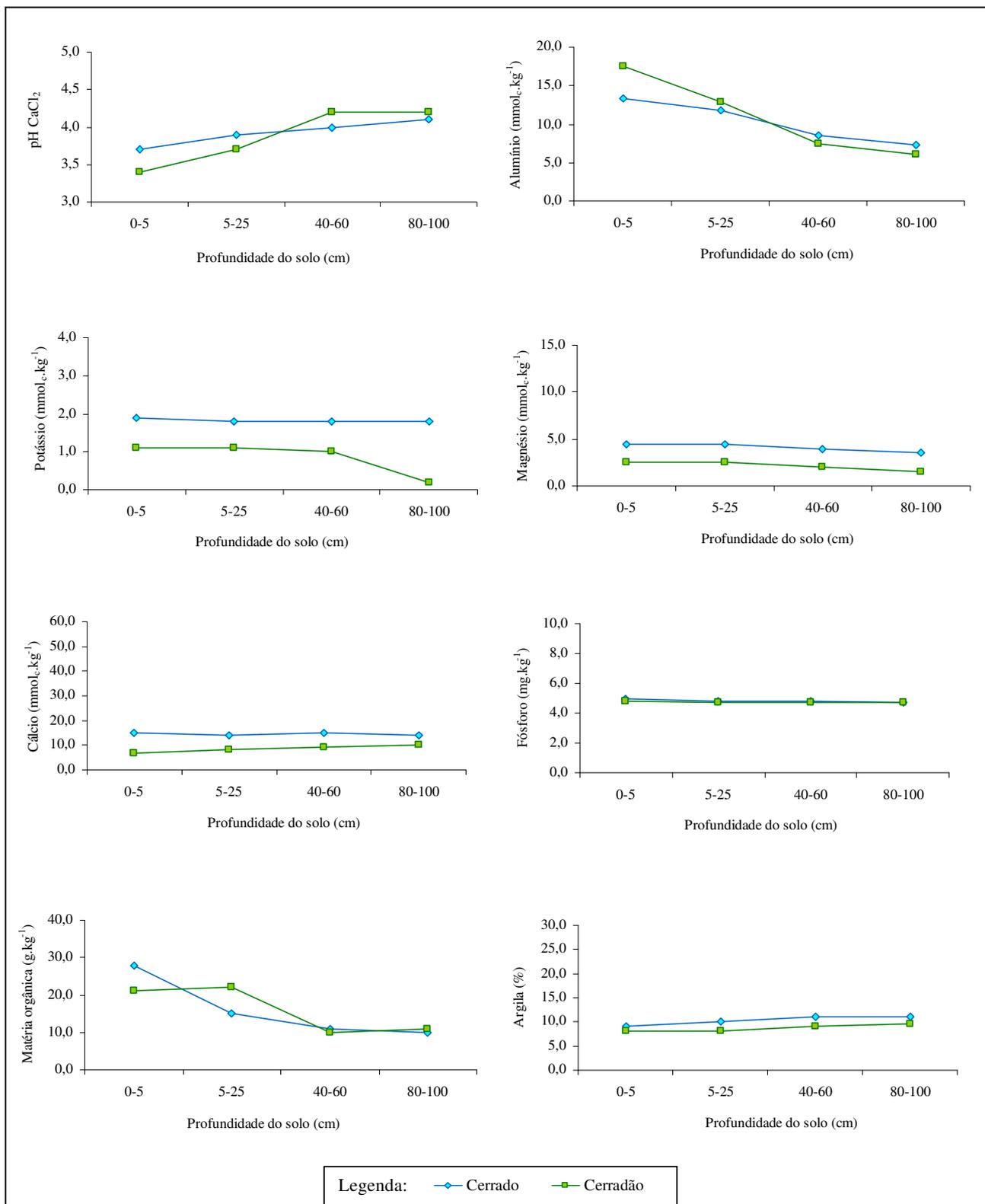


Figura 30. Gráficos comparativos das características químicas e físicas dos solos das fisionomias de cerrado no Parque Estadual da Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Fonte:** (RUGGIERO; PIVELLO, 2005; RUGGIERO *et al.*, 2006)

Como exposto no item 5.1, os solos em Santa Rita do Passa Quatro e Rifaina pertencem à classe dos neossolos quartzarênicos, já os de Jeriquara e Formosa à classe dos latossolos vermelho-amarelos.

Observa-se nas figuras 29 e 30 que os solos mais ácidos são encontrados na região de Santa Rita do Passa Quatro, enquanto no município de Jeriquara localizam-se os solos menos ácidos. Nas regiões de Rifaina e Formosa os valores de pH encontram-se em níveis de acidez intermediária entre Santa Rita e Jeriquara. Constata-se ainda um teor elevado de alumínio nos solos de Rifaina, atingindo níveis de saturação superiores a 50%, fato que os caracterizam como álicos. Em contrapartida, em Jeriquara são observados os menores teores de alumínio, bem como os menores percentuais de saturação por este elemento.

De modo geral, as variáveis referentes aos solos de Formosa encontram-se em níveis intermediários aos observados em Jeriquara e Rifaina. Foge a esta tendência os teores de potássio e fósforo, presentes respectivamente em quantidades superior e inferior às demais áreas.

Jeriquara apresentou os solos mais férteis com maiores teores de magnésio, cálcio, soma de bases (SB) e argila (40% em média), principalmente nas camadas superficiais (*cf.* tabela 08, Apêndice II). No entanto, nota-se que as diferenças entre as áreas vão diminuindo progressivamente com o aumento da profundidade do solo, chegando a ser pouco significativas para alguns elementos (magnésio, cálcio, fósforo). Rifaina possui solos ácidos, com baixos teores de argila (15% em média) e nutrientes (exceto fósforo), bem como elevados teores de alumínio.

Em Santa Rita notou-se pouca diferença entre os solos sob as fisionomias de cerradão e cerrado *s.s.* (Figura 30), com destaque aos teores mais elevados de potássio, cálcio e magnésio para a segunda fisionomia. Tal fato contraria o senso comum de que solos sob cerradão são mais férteis do que solos sob cerrado *sensu stricto*. Verifica-se ainda que a área possui, de modo geral, solos de baixa fertilidade, ácidos, ricos em alumínio e pobres em argila.

5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.4.1. Análise de variância

Os quadros com os resultados da análise de variância (quadrado médio, F calculado e grau de significância) podem ser observados nas tabelas 11 a 26 (Apêndice II). Os valores médios das variáveis anatômicas, bem como seus respectivos desvios-padrão e diferenças entre áreas obtidas através da análise de variância encontram-se expostos na tabela 27. A comparação dos dados obtidos no presente trabalho com os disponíveis na literatura pode ser feita pela análise da tabela 28.

Tabela 27. Valores médios e desvios-padrão (entre parênteses) das variáveis anatômicas do xilema secundário de *C. brasiliense* nas áreas de estudo. Letras diferentes na mesma linha indicam valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Santa Rita Cd [†] (SP)	Santa Rita C ^{**} (SP)	Jeriquara (SP)	Rifaina (SP)	Formosa (GO)	
Fibras	Comprimento (μm)	2085,05 (282,24) a	2151,99 (270,91) a	2053,36 (307,33) a,b	1815,01 (297,72) b	1975,23 (312,31) a,b	
	Diâmetro da fibra (μm)	23,97 (4,64) b	23,64 (4,13) b	24,25 (4,91) b	25,57 (4,60) b	58,91 (10,10) a	
	Espessura da parede (μm)	10,52 (2,37) b	10,72 (2,02) b	10,36 (2,99) b	9,68 (2,44) b	20,79 (5,00) a	
Raios	Altura (μm)	460,98 (138,26) b	427,87 (137,18) b	528,69 (188,76) b	555,02 (185,48) b	745,59 (370,43) a	
	Largura (μm)	38,23 (8,84) a	38,28 (9,74) a	41,95 (9,95) a	40,85 (11,34) a	41,57 (11,54) a	
	Freqüência de raios (raios/mm _{linear})	11,53 (0,79) a,b	12,40 (0,76) a	10,60 (1,13) b	10,55 (1,13) b	11,58 (1,23) a,b	
Vasos		1	28,27 a,b	23,04 b	26,5 b	17,33 b	46,27 a
		2	36,03 a	37,10 a	36,89 a	45,32 a	42,22 a
	Porcentagem de poros simples e múltiplos	3	24,31 a	23,84 a	23,14 a	21,95 a	10,40 b
		4	7,80 a,b	12,05 a	6,95 a,b	12,97 a	1,10 b
		≥ 5	3,60 a	3,97 a	6,52 a	2,43 a	0,00 a
	Comprimento dos elementos de vaso (μm)	512,25 (132,96) a	483,03 (114,20) a	513,54 (135,75) a	500,92 (138,11) a	525,34 (153,26) a	
	Diâmetro dos poros (μm)	144,51 (55,32) b	156,51 (56,89) a,b	140,62 (44,84) b	144,86 (55,07) b	175,28 (62,57) a	
Freqüência de poros (poros/mm ²)	6,84 (1,93) a	6,79 (2,05) a	5,92 (1,85) a	5,62 (1,22) a	4,84 (1,22) a		
Área poros (mm ² /mm ²)	0,120 (0,026) a,b	0,135 (0,027) a	0,094 (0,021) b	0,099 (0,022) a,b	0,104 (0,020) a,b		
Porcentagem de poros	12,10 (2,62) a,b	13,65 (2,74) a	9,44 (2,12) b	9,99 (2,25) b	10,43 (1,97) a,b		

Tabela 28. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas do xilema secundário de *C. brasiliense* obtidos nas áreas de estudo e na literatura.

Elemento anatômico	Variáveis analisadas	SR I (SP)	SR II (SP)	JQ (SP)	RF (SP)	FM (GO)	Mello, 1970 ⁽¹⁾	Araujo e Mattos, 1973 ⁽²⁾	
Fibras	Comprimento (µm)	1499-2874	1528-2993	1265-2883	1075-2820	1226-2914	1079-2178	1375-2312	
	Diâmetro da fibra (µm)	13-41	14-37	14-39	13-38	35-97	16-32	15-39	
	Espessura da parede (µm)	5-18	6-17	4-19	6-17	7-38	-	-	
Raios	Altura (µm)	175-1015	141-989	172-1220	228-1209	212-2201	365-1029	140-672	
	Largura (µm)	19-75	19-81	19-86	22-81	19-78	17-50	11-50	
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	10-13	11-14	9-13	8-12	9-14	8-15	10-19	
Vasos		1	12-57	5-53	10-53	3-42	18-84	54	-
		2	14-70	22-63	16-58	15-74	12-81		-
	Porcentagem de poros simples e múltiplos	3	0-52	0-52	0-44	0-50	0-42	45	-
		4	0-25	0-35	0-34	0-52	0-14		-
		?5	0-24	0-34	0-27	0-21	0		-
	Comprimento dos elementos de vaso (µm)	225-890	205-753	239-938	224-1097	195-983	249-647	250-1000	
	Diâmetro dos poros (µm)	33-293	33-293	37-304	33-304	37-311	166-282	175-312	
Frequência de poros (poros/mm ²)	3-11	3-12	3-11	3-8	3-8	2-11	3-7		
Área poros (área poros/mm ²)	0,072-0,163	0,09-0,18	0,05-0,13	0,07-0,16	0,06-0,14	-	-		
Porcentagem de poros	7-17	9-19	5-13	7-16	6-14	-	-		

Legenda: (SR I) Santa Rita - SP, área I; (SR II) Santa Rita - SP, área II; (JQ) Jeriquara - SP; (RF) Rifaina - SP; (FM) Formosa - SP.

Observações: ⁽¹⁾ Procedência não informada; ⁽²⁾ Material procedente de Corumbá, MT e Brasília, DF.

A análise de variância não indicou diferenças significativas entre árvores, apenas entre as áreas de estudo (Tabelas 11 a 26, Apêndice II).

O menor valor médio para o comprimento de fibras foi encontrado em Rifaina, que diferiu significativamente de Santa Rita (áreas I e II), com as fibras mais longas. As árvores localizadas em Formosa apresentaram as maiores dimensões de diâmetro e espessura da parede das fibras, bem como altura dos raios, diferindo significativamente dos valores encontrados nas demais áreas.

As árvores situadas em Santa Rita (área II) apresentaram a maior área de condução (área de poros), opondo-se à Jeriquara com a menor área. Em consequência deste fato, a porcentagem de poros foi maior em Santa Rita (área II) e menor em Jeriquara e Rifaina.

Em Formosa verifica-se uma maior porcentagem de vasos solitários e menor porcentagem de vasos múltiplos compostos por três células do que as demais áreas. Os vasos múltiplos de duas (geminados) e cinco ou mais células têm participação semelhante em todas as áreas. Os vasos múltiplos de quatro células ocorrem em maior número em Santa Rita (área II) e Rifaina, e em menor número em Formosa.

Pela análise da tabela 28 observa-se uma semelhança entre os dados obtidos no presente trabalho e os relatados na literatura para a espécie. No entanto, deve-se destacar a presença de fibras de maior diâmetro em Formosa, com dimensões superiores às demais áreas e às presentes na literatura. Esse fato merece destaque posto que Araujo e Mattos (1973) se utilizaram de material procedente de Brasília, localidade próxima a Formosa. Os referidos autores encontraram ainda raios consideravelmente mais baixos, tanto em relação às demais áreas quanto ao exposto por Mello (1970).

As diferenças anatômicas entre as áreas podem ser visualizadas na figura 31. Os resultados das análises multivariadas encontram-se expostos na seqüência (item 5.4.2.).

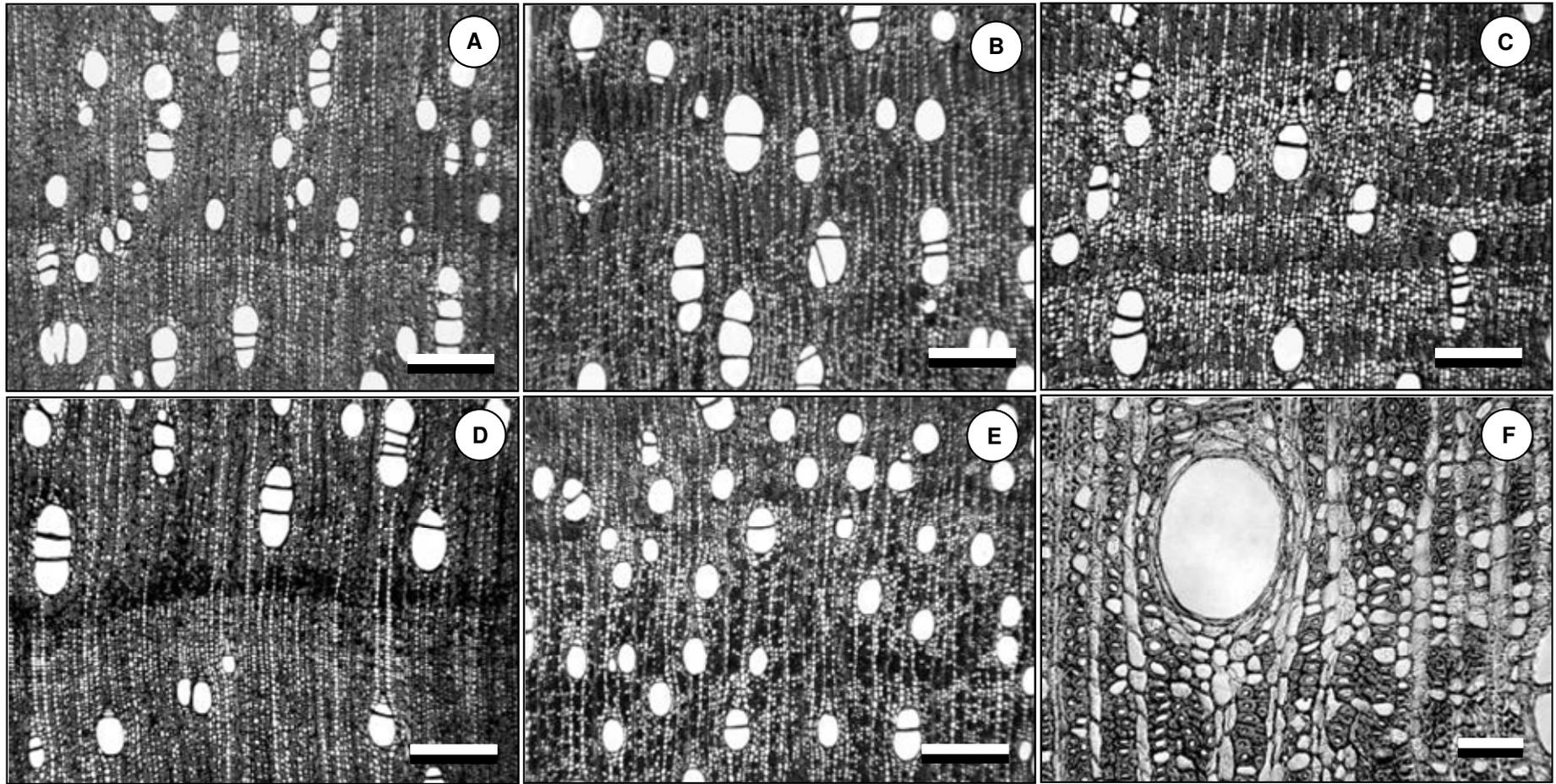


Figura 31. *Caryocar brasiliense* (A) Santa Rita, SP, área I - cerrado; (B) Santa Rita, SP, área II - cerrado s.s.; (C) Jeriquara, SP, cerrado s.s.; (D) Rifaina, SP, cerrado s.s.; (E) Formosa, GO, cerrado s.s.; (F) Formosa, detalhe das fibras. **Escala barra:** (A,B,C,D,E) 500µm; (F) 100µm.

5.4.2. Análise multivariada

A. Análise de conglomerados (clusters)

O resultado da análise de conglomerados pode ser observado na figura 32.

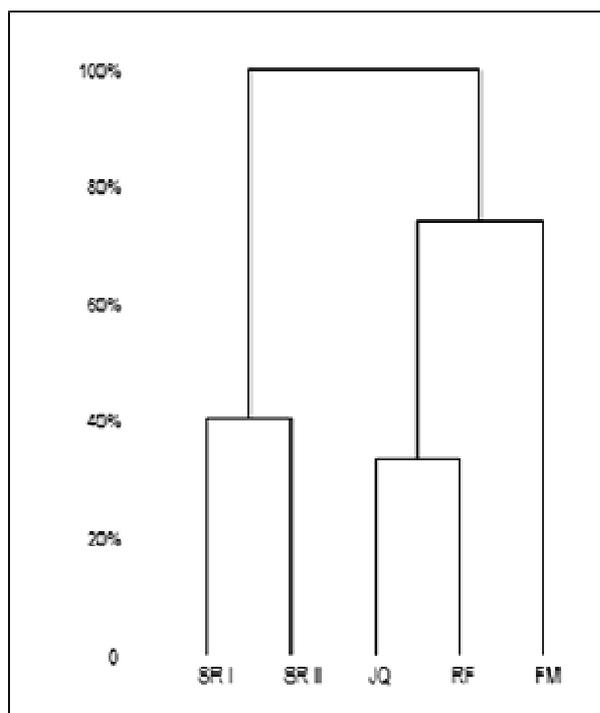


Figura 32. Diferenças e semelhanças entre as áreas obtidas pela análise de conglomerados (*clusters*). Legenda: (SR I) Santa Rita área I (cerradão); (SR II) Santa Rita área II (cerrado s.s.); (JQ) Jeriquara; (RF) Rifaina; (FM) Formosa.

Ao analisar a figura 32, nota-se que dois fatores importantes na separação dos grupos foram a distância e a latitude, embora outros aspectos menos evidentes também tenham contribuído. A maior semelhança foi observada em Jeriquara e Rifaina, áreas de estudo distantes 24km uma da outra. Em Santa Rita, embora as áreas I e II (cerradão e cerrado s.s., respectivamente) se assemelhem uma à outra, seja pela distância, latitude ou demais condições ambientais (solo, clima), elas não se apresentaram tão próximas na análise quanto Jeriquara e Rifaina. Os aspectos que contribuíram para esse maior distanciamento talvez estejam relacionados com a diferenciação das fisionomias. A maior distância foi observada entre Formosa e Santa Rita, com Jeriquara e Rifaina nas posições intermediárias, ainda que mais próximas à Formosa.

B. Distância multivariada (Euclidiana)

Os resultados obtidos pelo método da distância multivariada euclidiana podem ser observados na figura 33.

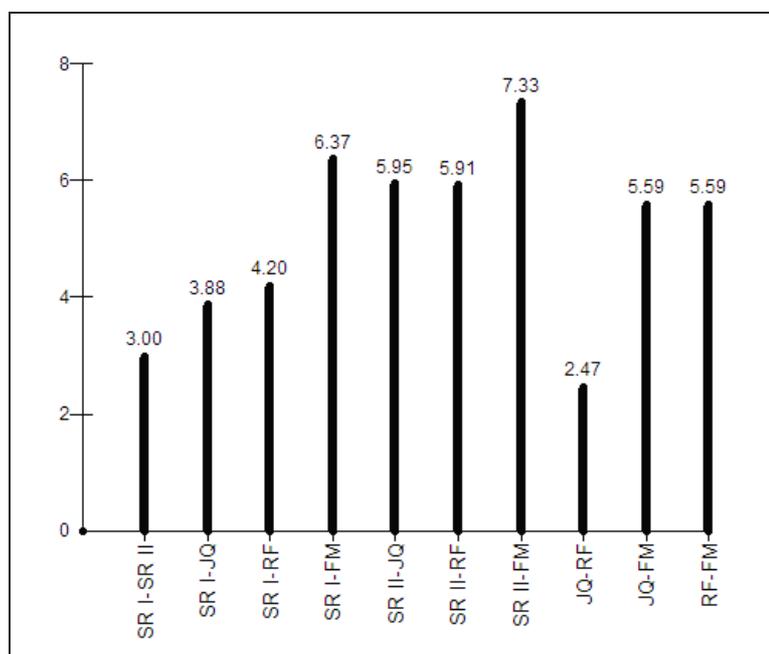


Figura 33. Gráfico comparativo das distâncias euclidianas entre as áreas de estudo. Legenda: (SR I) Santa Rita área I – cerradão; (SR II) Santa Rita área II – cerrado s.s.; (JQ) Jeriquara; (RF) Rifaina; (FM) Formosa, GO.

As distâncias apresentadas neste método aproximam-se das obtidas na análise de conglomerados. Verifica-se novamente que a maior semelhança encontra-se entre Jeriquara e Rifaina, seguida das áreas I e II em Santa Rita. A fisionomia de cerradão em Santa Rita (área I) aproxima-se mais de Jeriquara do que de Rifaina, enquanto na de cerrado s.s. (área II) ocorre o inverso, ainda que a diferença seja extremamente reduzida. As maiores diferenças ocorrem entre Santa Rita e Formosa, sendo estas mais significativas entre a fisionomia de cerrado s.s. (área II) do que a de cerradão (área I).

C. Análise discriminante

Os valores resultantes da análise discriminante encontram-se expostos na figura 34, sendo que cada ponto corresponde aos valores médios de uma árvore. As funções discriminantes encontram-se expostas abaixo, bem como a representação gráfica da separação dos grupos (Figura 34).

Funções discriminantes de Fisher³:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_1: 0.0000 X_1 + 0.0075 X_2 - 0.0038 X_3 + 0.0000 X_4 + 0.0016 X_5 + 0.0003 X_6 + 0.0001 X_7 + 0.0116 X_8 \\ \quad + 0.0012 X_9 + 0.9998 X_{10} - 0.0096 X_{11}. \\ Y_2: 0.0000 X_1 + 0.0001 X_2 - 0.0003 X_3 + 0.0000 X_4 - 0.0002 X_5 - 0.0001 X_6 + 0.0000 X_7 - 0.0047 X_8 - \\ \quad 0.0004 X_9 + 0.9999 X_{10} - 0.0109 X_{11}. \end{array} \right.$$

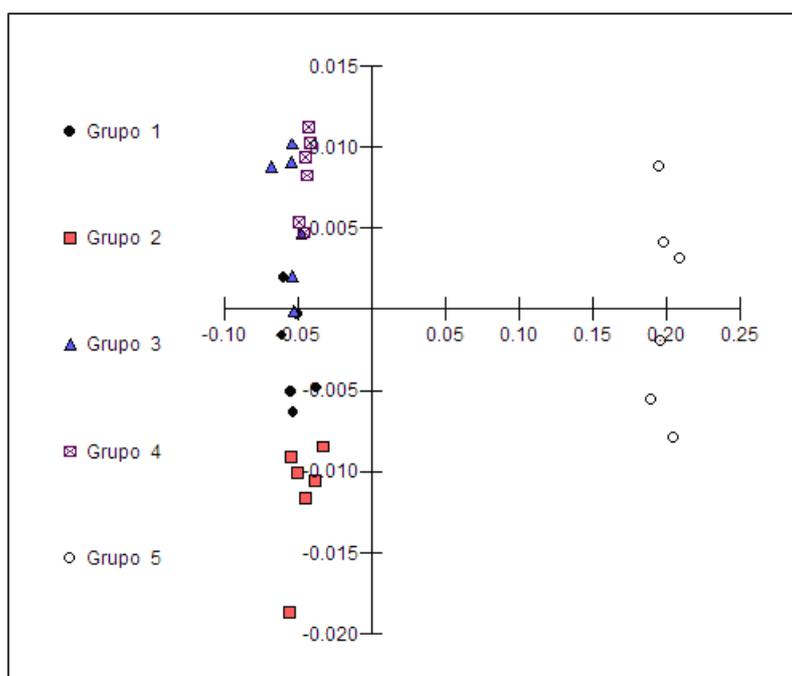


Figura 34. Gráfico dos valores obtidos pela aplicação das funções discriminantes confeccionadas com os dados médios das variáveis de cada árvore nas áreas de estudo. (Grupo 1) Santa Rita área I – cerrado; (Grupo 2) Santa Rita área II – cerrado s.s.; (Grupo 3) Jeriquara; (Grupo 4) Rifaina; (Grupo 5) Formosa - GO.

³ Sendo: (X_1) comprimento das fibras em μm ; (X_2) diâmetro total das fibras em μm ; (X_3) espessura da parede das fibras em μm ; (X_4) altura dos raios em μm ; (X_5) largura dos raios em μm ; (X_6) diâmetro tangencial dos vasos em μm ; (X_7) comprimento dos vasos em μm ; (X_8) frequência de raios ($\text{n.mm}^{-1}_{\text{linear}}$); (X_9) frequência de vasos (n.mm^{-2}); (X_{10}) área de vasos ($\text{mm}^2.\text{mm}^{-2}$); (X_{11}) porcentagem da área de vasos na imagem.

Os indivíduos procedentes de Formosa (Grupo 5) foram os que se separaram dos demais grupos de forma mais significativa. Verifica-se ainda uma maior semelhança entre os indivíduos de Jeriquara e Rifaina (Grupos 3 e 4, respectivamente) quando comparados às duas áreas de Santa Rita (Grupos 1 e 2). Em Santa Rita, as árvores procedentes da fisionomia de cerrado (Grupo 1) não se separaram totalmente dos indivíduos de Jeriquara, indicando uma certa semelhança entre alguns indivíduos destas áreas. No entanto, para as árvores procedentes da fisionomia de cerrado s.s. essa similaridade não foi constatada.

Embora a comparação com dados da literatura seja possível pela aplicação deste método, esta não pôde ser realizada devido à escassez de trabalhos sobre a anatomia do xilema secundário da espécie *C. brasiliense*. Os dados presentes na literatura muitas vezes carecem da exposição dos valores médios, encontrando-se apenas a amplitude dos mesmos (máximos e mínimos). Uma vez que a função foi construída com os valores médios de cada árvore, com o objetivo de excluir a variação dentro, o uso de valores extremos torna a comparação tendenciosa e pouco confiável.

6. DISCUSSÃO

Os dados qualitativos obtidos no presente estudo para a espécie *Caryocar brasiliense* assemelham-se aos relatados na literatura (Tabela 28) (MELLO, 1970; ARAÚJO; MATTOS, 1973). O xilema secundário é caracterizado pela porosidade difusa, parênquima axial predominantemente apotraqueal difuso a difuso em agregados, às vezes em faixas, tendendo à reticulado; pontoações intervasculares alternas de contorno poligonal a oval, em pares areolados, placas de perfuração simples; pontoações radiovasculares em pares semi-areolados, às vezes simplificadas; camadas de crescimento distintas a pouco distintas, individualizadas pelo espessamento da parede das fibras e pelo parênquima axial em faixas mais ou menos espessas.

As diferenças mais marcantes foram observadas em Formosa, localidade cujas árvores apresentaram as maiores dimensões de diâmetro e espessura da parede das fibras e altura de raios; bem como as menores porcentagens de vasos múltiplos de três células quando comparada às demais áreas.

Ao se comparar apenas as fisionomias de cerrado *sensu stricto*, verificou-se diferenças significativas para onze das dezesseis variáveis estudadas (Tabela 27). As fibras mais longas foram encontradas em Santa Rita e as mais curtas em Rifaina. Em Formosa obteve-se as fibras de maior diâmetro e de paredes mais espessas.

As árvores procedentes de Santa Rita possuíram os raios mais freqüentes, enquanto em Jeriquara e Rifaina o oposto foi verificado. Vasos solitários foram encontrados em maior abundância em Formosa, localidade que apresentou as menores porcentagens de vasos múltiplos de três e quatro células. Em Santa Rita e Rifaina houve uma maior abundância de vasos múltiplos de quatro células, sendo que estas localidades compartilham do mesmo tipo de solo, caracterizado pela porosidade e drenagem excessiva.

Os vasos de maior diâmetro médio pertencem à Formosa, enquanto os menores pertencem à Jeriquara e Rifaina. Em Santa Rita foram encontrados os maiores valores para área e porcentagem de poros, sendo o oposto constatado em Jeriquara.

De modo geral, as árvores procedentes de Formosa apresentaram variáveis com dimensões superiores quando comparadas às demais áreas de estudo e à

literatura. Como exposto anteriormente, os dados apresentados por Araújo e Mattos (1973) foram obtidos pela análise de material procedente de Brasília (DF) e Corumbá (MS), no entanto, estes se mostraram distintos dos obtidos em Formosa, localidade próxima a Brasília. Para o comprimento de fibras, os dados presentes na literatura mostraram-se inferiores às áreas estudadas, no entanto, tais diferenças não se estenderam ao diâmetro das mesmas. Para altura de raios, os dados relatados por Mello (1970) se aproximam dos obtidos em Rifaina, enquanto os de Araújo e Mattos (1973) se assemelharam à Santa Rita (área II). As porcentagens de vasos solitários e múltiplos descritas por Mello (1970) foram bastante próximas das observadas em Formosa. Algumas variáveis como frequência de raios, diâmetro e frequência de poros mostraram-se semelhantes entre as áreas de estudo e às presentes na literatura. A ausência de informações mais precisas sobre a procedência dos materiais analisados pelos referidos autores dificulta a comparação entre as áreas, bem como a análise das tendências ecológicas.

Para o material estudado, não se constatou correlação entre frequência e diâmetro dos vasos, como observado por Noshiro, Joshi e Suzuki (1994). Há relatos na literatura da presença de elementos de vaso com maior diâmetro para espécies de cerrado/cerradão em relação à floresta (MINA-RODRIGUES, 1986; CECCANTINI, 1996; MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONSO; BENETATI, 2000), opondo-se ao esperado para tais áreas. No presente trabalho, vasos de maior diâmetro médio foram encontrados na área sujeita ao maior déficit hídrico (Formosa), diferenciando-se significativamente das demais áreas, à exceção de Santa Rita (área II, cerrado s.s.).

Vasos solitários foram encontrados em maior abundância em Formosa, diferindo significativamente das demais áreas de cerrado *sensu stricto*. O aumento do espessamento das paredes das células do xilema como um todo e a redução do diâmetro do lume dos vasos levam a uma redução da eficiência hidráulica, mas tornam o transporte mais seguro e menos propenso a ocorrência de embolismos (JACOBSEN *et al.*, 2005). Nesse aspecto, vasos múltiplos também conferem uma maior segurança na condução hidráulica, uma vez que a resistência à cavitação é dada pela relação entre (i) espessura da parede do vaso e vaso adjacente (no caso de vasos múltiplos) e (ii) diâmetro do lume (JACOBSEN *et al.*, 2005). A relação exposta reforça a tese de que vasos múltiplos conferem maior segurança no transporte, além de proporcionarem uma rota alternativa em casos de embolismos,

mais propensos a ocorrer em regiões com estações/clima seco (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000). Nota-se ainda que o aumento da segurança conferido pelo espessamento da parede celular dos elementos do xilema resulta em um maior gasto energético para a planta, estabelecendo um delicado balanço entre custo e benefício.

No caso específico de Formosa, verifica-se a presença de um maior número de vasos solitários, bem como os maiores valores médios de diâmetro, aspectos relacionados à eficiência no transporte de água. Como exposto anteriormente, o excedente hídrico é mais pronunciado nesta área, fato que ressalta a funcionalidade de características relacionadas à eficiência no transporte. As fibras também possuem um papel importante na resistência à cavitação, pois fibras com paredes mais espessas conferem uma maior resistência por dificultarem o colapso dos vasos em condições de altas tensões no xilema (períodos/ambientes mais secos) (JACOBSEN *et al.*, 2005). Dessa forma, como a região também está submetida a períodos de secas pronunciados, vasos geminados e fibras de paredes mais espessas garantem a segurança no transporte, proporcionando um equilíbrio entre segurança e eficiência.

Embora as árvores de cerrado possuam, de modo geral, raízes profundas capazes de atingir regiões permanentemente úmidas do solo, não se pode afirmar que elas não estejam sujeitas às variações pluviométricas (FRANCO, 2005). Utilizando-se as árvores de Formosa como exemplo, nota-se que as mesmas possuem características típicas de ambientes xéricos e méxicos, indicando a presença de mecanismos adaptativos às oscilações na disponibilidade hídrica.

Jeriquara apresentou a menor área de poros, bem como poros de menor diâmetro médio. Deste modo, as árvores desta localidade dispõem de uma menor área de condução e elementos de vaso mais estreitos, opondo-se à Santa Rita (área II, cerrado s.s.), localidade com a maior área de condução e elementos de vaso com dimensões semelhantes à todas as áreas.

Em relação ao comprimento das fibras, foram observadas diferenças significativas entre as árvores de Santa Rita (áreas I e II) e Rifaina. Na primeira área encontrou-se fibras mais longas, e na segunda, fibras mais curtas. Embora compartilhem do mesmo tipo de solo, em Santa Rita as chuvas são melhor distribuídas ao longo do ano (Figuras 06 e 07), além de possuir as maiores temperaturas médias dos meses mais quentes (Tabela 02). Essa combinação pode

ter promovido o desenvolvimento de fibras mais longas, características de ambientes méxicos. Já Rifaina está sujeita às temperaturas mais baixas tanto nos meses frios quanto quentes, somado a este fato, a área apresenta os solos mais álicos (Tabela 02, Figuras 11, 12 e 29). O conjunto destes fatores pode ter propiciado um menor desenvolvimento das fibras em Rifaina quando comparadas a Santa Rita.

Este fato está em concordância com o descrito na literatura, de que plantas em ambientes mais xéricos tendem a apresentar fibras mais curtas (BARAJAS-MORALES, 1985; LUCHI, 2004; CHALK, 1989; BOSIO, 2008). No entanto, Van der Graaf e Baas (1974) encontraram fibras mais curtas em espécies de clima subtropical e temperado quando comparadas às de clima tropical. Essa tendência opõe-se à encontrada no presente trabalho, dado que Santa Rita abriga as áreas de estudo em maiores latitudes e é a única localidade em clima temperado Cwa (KÖPPEN, 1948), enquanto as demais se encontram em tipo climático tropical Aw (KÖPPEN, 1948). Destaca-se ainda a ausência de diferenças significativas no comprimento das fibras entre as fisionomias de cerrado s.s. e cerrado em Santa Rita.

Em Formosa, as variáveis diâmetro e espessura da parede das fibras foram superiores às demais áreas, que não apresentaram diferenças entre si. Embora a precipitação média anual em Formosa seja semelhante às outras localidades, nota-se uma distribuição mais heterogênea das chuvas, com períodos tanto de deficiência quanto excedente mais pronunciados (Tabela 02, Figuras 14 e 15), tornando as secas mais severas. Este aspecto também foi observado por Fahn, Werker e Baas (1986); Alves e Angyalossy-Alfonso (2002); Luchi (2004); Luchi, Silva e Moraes (2005) e Bosio (2008), que encontraram fibras de paredes mais espessas em ambientes mais xéricos. Ao comparar variedades de *Sclerolobium paniculatum* de cerrado e mata, Pereira (1990) encontrou fibras de maior diâmetro e espessura da parede na variedade de cerrado.

Os raios mais altos foram encontrados em Formosa, não havendo diferenças significativas para a largura dos mesmos nas cinco áreas. Raios mais altos foram observados por Melo Júnior (2003) e Bosio (2008) em ambientes de solos rasos, e conseqüentemente, de menor disponibilidade hídrica. Para a altura dos raios, os resultados obtidos assemelham-se aos apresentados por Baas (1973), que relatou a tendência de espécies tropicais possuírem raios mais altos quando comparados às espécies de clima temperado. No presente estudo, as árvores localizadas em

ambiente caracterizado pela ocorrência de secas mais severas e em menor latitude (Formosa) apresentaram raios mais altos quando comparados às demais áreas.

A ausência de relação entre as variáveis ambientais e a largura dos raios constatada neste trabalho também foi observada por outros autores que não encontraram relação direta com a latitude (BAAS, 1973) bem como com outros parâmetros ambientais (FAHN; WERKER; BAAS, 1986; ZHONG; BAAS; WHEELER, 1992; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002). Em contrapartida, há relatos da presença de raios mais largos em espécies de savana/cerrado quando comparadas às de floresta (CHIMELO; MATTOS-FILHO, 1988 *apud* ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; PEREIRA, 1990; DEN OUTER; VAN VEENEENDAL, 1976), bem como de ambientes mais secos quando comparados a áreas úmidas (LUCHI, 2004; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005). Embora não se tenha observado diferenças para a largura dos raios, em ambientes com sazonalidade climática os raios largos podem estar relacionados ao aumento da eficiência do transporte radial do floema ao xilema, considerando-se a grande importância de se alocar metabólitos para a região cambial no início do período de crescimento (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002).

A frequência de raios foi maior em Santa Rita (área II, cerrado s.s.), e menor em Jeriquara e Rifaina. Raios mais frequentes foram descritos para ambientes de menor disponibilidade hídrica (LUCHI; SILVA; MORAES, 2005), para áreas de cerrado em comparação à mata (DEN OUTER; VAN VEENEENDAL, 1976) e áreas de mata em relação ao cerrado (MINA-RODRIGUES, 1986). Como observado, a relação entre variáveis ambientais e frequência de raios constitui um aspecto que carece de elucidações. Pelo fato de existir entre Jeriquara e Rifaina uma grande variação ambiental, seja na altitude ou na disponibilidade de água e nutrientes decorrente dos diferentes tipos de solos, torna-se difícil correlacionar este aspecto anatômico com as variáveis ambientais. Somado a este fato, sua posição intermediária entre Santa Rita e Formosa dificulta o estabelecimento de uma relação com a latitude.

Embora não tenha sido devidamente quantificado, através de uma análise visual preliminar constatou-se uma maior abundância do parênquima axial nas amostras procedentes de Jeriquara (Figura 25), ambiente situado no solo mais fértil e em maior altitude. Nota-se ainda sua disposição em faixas mais conspícuas, enquanto em Rifaina sua distribuição difusa em agregados tende à formação de um

parênquima reticulado. Braun (1984) propôs que os dois tipos de parênquima, axial e radial, constituem os sistemas acessórios aos elementos condutores, cuja principal função seria originar uma maior força osmótica dentro dos vasos através da mobilização de substâncias osmoticamente ativas, aumentando o fluxo nos vasos e favorecendo, desta forma, as espécies que as apresentam (LUCHI; SILVA; MORAES, 2005).

As árvores em todas as áreas de estudo apresentam camadas de crescimento distintas, porém, o reconhecimento de seus limites muitas vezes é de difícil definição. O espessamento das paredes das fibras é uma característica comum entre as áreas, sendo que este pode vir acompanhado ou não pelo parênquima axial em faixas (mais ou menos espessas), aspectos previamente relatados para a espécie por Mello (1970), Araújo e Mattos (1973) e Marcati, Oliveira e Machado (2006). Em adição às características anatômicas citadas, verificou-se em algumas amostras uma leve variação no diâmetro dos poros e a presença de faixas de parênquima axial no início, meio e término da zona fibrosa, as quais muitas vezes estiveram presentes em diferentes combinações. Deste modo, novos estudos são necessários para definir com maior precisão os limites das camadas de crescimento, especialmente em caso de interesse na aplicação da espécie em estudos dendrocronológicos. Métodos de marcação cambial acompanhados de estudos fenológicos mostram-se bastante eficazes para essa finalidade. Apesar das dificuldades apresentadas, o fato de ser uma das poucas espécies amplamente distribuídas no Cerrado a torna promissora para a realização de estudos desta natureza.

A presença de camadas de crescimento é uma característica comum nas espécies da flora brasileira, observada em 48% das espécies estudadas por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000). As madeiras de muitas espécies tropicais possuem anéis de crescimento anatomicamente bem demarcados, sendo a sazonalidade térmica e períodos de secas ou inundação os principais fatores que afetam a atividade cambial e promovem sua formação (METCALFE; CHALK, 1983; CARLQUIST, 1989; VETTER; BOTOSSO, 1989; WORBES, 1995; ALVES; ANGYALOSSY - ALFONSO, 2000).

As camadas de crescimento aparentemente melhor demarcadas foram observadas nas amostras procedentes de Jeriquara e Rifaina (Figura 31). Na primeira localidade, a zona fibrosa é evidenciada pela abundância do parênquima

axial, mas não se pode afirmar que haja formação de uma única camada anual, uma vez que há camadas muito próximas umas das outras. Em Rifaina, essas são aparentemente delimitadas pelo espessamento da parede das fibras e uma estreita faixa de parênquima marginal. Em Santa Rita, a definição dos limites aparentemente está relacionada à presença de zonas fibrosas acompanhada do parênquima em faixas e de uma leve variação no diâmetro dos poros. Embora Formosa seja a localidade sujeita à maior sazonalidade climática, as camadas de crescimento não se encontraram bem definidas como esperado, no entanto, acredita-se que estejam relacionadas ao aumento na espessura da parede das fibras, assim como nas demais áreas.

De modo geral, a ausência de diferenças significativas entre as árvores procedentes das fisionomias de cerrado *sensu stricto* e cerradão em Santa Rita contrariou as expectativas iniciais. A similaridade entre as áreas pôde ser observada pelas análises multivariadas, sendo que a análise de conglomerados e distância euclidiana apontaram maior semelhança entre áreas geograficamente próximas. Um fato curioso consiste na maior semelhança entre Jeriquara e Rifaina do que entre as áreas I e II de Santa Rita. Entre as duas primeiras localidades citadas há maior distanciamento geográfico, variação de altitude e de tipo de solo, características mais homogêneas entre as áreas de Santa Rita. Com base nos dados analisados no trabalho, fogem à compreensão quais fatores seriam responsáveis pela maior variação observada em Santa Rita, mas especula-se que estes estejam relacionados com diferenciação das fisionomias.

Formosa diferenciou-se das demais áreas, como corroborado em todas as análises. Na análise discriminante (Figura 34), as árvores desta localidade não demonstraram possuir nenhuma correlação ou similaridade com as demais. A distribuição dos pontos indicou poucas diferenças entre as árvores de Jeriquara e Rifaina, mas o mesmo não pôde ser afirmado da comparação entre as árvores das duas áreas de Santa Rita. Um aspecto digno de nota consiste na aproximação dos pontos referentes à área de cerradão em Santa Rita (área I) e Jeriquara. Inicialmente poderia se esperar essa interação, uma vez que Jeriquara apresenta os solos mais férteis dentre todas as áreas, fato que resultaria num ambiente mais favorável ao desenvolvimento das árvores. No entanto, em oposição ao esperado, a área de cerradão possui solos menos férteis até mesmo em comparação à área de cerrado *sensu stricto* na mesma localidade, com isso, a correlação entre Jeriquara e Santa

Rita não pode ser explicada com base na fertilidade dos solos e conseqüente disponibilidade de nutrientes.

Na análise de conglomerados (Figura 32), nota-se claramente que Santa Rita constituiu um grupo à parte, com menor grau de similaridade com relação às demais áreas. Ao analisar a figura 32, há uma tendência a creditar à latitude as diferenças existentes entre as áreas, entretanto, esta não poderia explicar sozinha a maior semelhança entre Jeriquara e Rifaina quando comparada às duas áreas de Santa Rita. Além disso, não há informações precisas de todas as variáveis ambientais que atuam no desenvolvimento das árvores nas diferentes localidades. A idade das mesmas também pode ter contribuído em parte para as diferenças observadas. Buscou-se minimizar esse efeito ao escolher árvores com a menor variação de diâmetro possível, mas este critério não garante que as árvores selecionadas tenham idades semelhantes.

Os resultados aqui expostos demonstram que as diferenças entre as áreas de estudo se refletem na estrutura do xilema secundário de *Caryocar brasiliense*. Neste trabalho, buscou-se correlacionar tais diferenças com as variáveis ambientais, contudo, muitos aspectos carecem de uma relação clara e direta. Sem desconsiderar o componente genético de cada população e indivíduo, a ampliação da amostragem para um maior número de árvores e a inclusão de novas áreas em diferentes latitudes poderia auxiliar no entendimento de algumas das diferenças encontradas neste trabalho. Outro aspecto importante para a compreensão das variações consiste na obtenção de dados climáticos mais precisos, fato muitas vezes dificultado pela ausência de um banco de dados local.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo e por sua ampla distribuição no bioma Cerrado, a espécie *Caryocar brasiliense* mostrou-se promissora para estudos desta natureza.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de estudo abrangeram variações ambientais significativas em entre as latitudes 21°42' e 15°28'. Santa Rita (SP) foi a localidade situada mais ao sul, com tipo climático temperado macrotérmico (Cwag), enquanto Formosa (GO) delimitou a amostragem ao norte, com tipo climático tropical (Aw). As áreas situam-se sobre latossolos vermelho-amarelos e neossolos quartzarênicos, tipos de solos mais freqüentes em áreas de cerrado.

A análise anatômica do xilema secundário apresentou variações entre as áreas de estudo, com destaque às diferenças entre Formosa e as demais áreas. Nesta localidade foram encontradas fibras de maior diâmetro e de paredes mais espessas, raios mais altos, maior porcentagem de vasos solitários e maior diâmetro tangencial de poros. Algumas destas características são mais freqüentes em ambientes xéricos, tais como o diâmetro e a espessura da parede das fibras, enquanto outras são comumente relacionadas a ambientes méxicos, como maior porcentagem de vasos solitários e maior diâmetro tangencial de vasos. Contudo, a relação entre os raios e as variáveis ambientais ainda carece de maiores elucidacões. Tendo-se em vista que Formosa apresenta deficiência e excedente hídrico mais severos dentre as demais áreas, características típicas de ambiente xéricos e méxicos podem ser de grande importância para a sobrevivência das plantas nesta localidade.

A única variável que diferenciou Santa Rita, localidade de delimitou a amostragem ao sul e única área em clima temperado, foram fibras mais longas. As árvores localizadas em Rifaina apresentaram as fibras mais curtas, sendo que as duas áreas encontram-se sobre neossolos quartzarênicos, característicos pela baixa retenção de água e baixa disponibilidade de nutrientes. Embora compartilhem do mesmo tipo de solo, em Santa Rita as chuvas são melhor distribuídas ao longo do ano, fato que pode ter promovido o desenvolvimento de fibras mais longas, características de ambientes méxicos.

Foram constatadas semelhanças na variação da freqüência de raios e porcentagem de poros entre as áreas, sendo os maiores valores observados em Santa Rita (área II, cerrado s.s.) e os menores valores em Jeriquara e Rifaina. As três áreas também apresentaram as menores freqüências de vasos solitários.

Embora haja uma grande variação edáfica e de altitude entre Jeriquara e Rifaina, essa diferença ambiental não se refletiu nos caracteres anatômicos citados.

A maior área de poros foi verificada em Santa Rita (área II) e a menor em Rifaina, ambas situadas em neossolos quartzarênicos.

A largura de raios, comprimento dos elementos de vaso e frequência de poros não foram estatisticamente diferentes nas cinco áreas.

Contrariando as expectativas iniciais, não se observaram diferenças entre as fisionomias de cerrado (área I) e cerrado *sensu stricto* (área II) em Santa Rita; bem como entre Jeriquara e Rifaina.

Os resultados deste trabalho demonstram que as diferenças entre as áreas de estudo se refletem na estrutura do xilema secundário de *Caryocar brasiliense*, fato que torna a espécie promissora para estudos de anatomia ecológica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J. *et al.* Caracterização da região dos cerrados. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, 1986.

AGÊNCIA BRASIL. [Pequizeiro está na relação das espécies com risco de extinção] Disponível em http://www.radiobras.gov.br/ct/1998/materia_201198_4.htm. Acesso em 21/06/2007.

ALMEIDA, S.P. *et al.* **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 1, p. 3-30, 2000.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 4, p. 391–418, 2002.

AMANO, E. **Pau-brasil, madeira e casca**: formação, desenvolvimento e estrutura. 101f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ARAUJO, F.D. **The ecology, ethnobotany and management of *Caryocar brasiliense* Camb. around Montes Claros, MG, Brasil**. 175 p. Tese (Doutorado) - Oxford University, Oxford, 1994.

ARAUJO, P.A.M.; MATTOS, A. Estrutura das madeiras de Caryocaraceae. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v.19, p.5-47, 1973.

ARENS, K. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Separata de Boletim Botânica**, v. 224, n. 15, p. 23-56, 1958a.

ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Separata de Boletim Botânica**, v. 224, n. 15, p. 57-77, 1958b.

ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A. Análise freqüencial da precipitação pluviométrica. In: ASSAD, E.D. (Coord.). **Chuvos nos cerrados**: análise e espacialização. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1994. p.25-42.

AYRES, M.; AYRES JR., M. **Manual BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém, 2007. 380p.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, Leiden, v. 21, p. 193-258, 1973.

BAAS, P. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. In: BAAS, P.; BOLTON, A.J.; CATLING, D.H. (Ed.). **Wood structure in biological and technological research**. The Hague: Leiden University Press, 1976. v. 3, p. 157-181.

BAAS, P. Ecological patterns in xylem anatomy. In: GIVNISH, T.J. (Ed.). **On the economy of plant form and function**. New York: Cambridge University Press, 1986.

BAAS, P.; CARLQUIST, S. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 6, n. 4, p. 141-159, 1985.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F.H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.8, p.245-274, 1987.

BAAS, P; WERKER, E.E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 4, p. 141-159, 1983.

BARAJAS-MORALES, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.6, n.4, p.355-364, 1985.

BATALHA, M.A.P.L. **Análise da vegetação de ARIE Cerrado Pé-de-gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 184f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BOSIO, F. Variação na estrutura do xilema secundário de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em três fitofisionomias no Estado do Paraná, Brasil. 40f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BOTOSSO, P.C.; TOMAZELLO, FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais**: Conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC, 2001. p.145-171.

BOTOSSO, P.C.; VETTER, R.E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de Floresta de Terra Firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.3, n.2, p.163-180, 1991.

BRAUN, H.J. The significance of accessory tissues of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent, with some thoughts concerning the evolution of trees. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.5, p.275-294, 1984.

BUCCI, S.J. *et al.* Mechanisms contributing to seasonal homeostasis of minimum leaf water potential and predawn disequilibrium between soil and plant water potential in Neotropical savanna trees. **Trees**, Berlim, v.19, p.296-304, 2005.

CARLQUIST, S. **Ecological strategies in xylem evolution**. Berkeley: University of California Press, 1975.

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

CARLQUIST, S. Wood anatomy of *Illicium* (Illiciaceae): phylogenetic, ecological and functional interpretations. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 69, n. 10, p. 1587–1598, 1982.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Berlin: Springer-Verlag, 1989.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D.A. Ecological wood anatomy of woody Southern Californian flora. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.6, n. 4, p.319-347, 1985.

CECCANTINI, G.C.T. **Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog.** 117f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CHALK, L. The effect of ecology conditions on wood anatomy. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** Oxford: Oxford Science, 1989. v 2: Wood structural and conclusion of the general introduction. p. 126-152.

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. COPANT **30:1-019:** Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera angiospermas dicotiledóneas. Santiago, 1974.

CORADIN, V.T.R. **Formação de anéis de crescimento e sazonalidade da atividade cambial de dez espécies lenhosas do cerrado.** 125f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

COSTA, C.G. *et al.* Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.) **Anatomia Vegetal.** Viçosa: UFV, 2003. cap. 05, p.129-154.

COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.1, n.1, p.17-23, 1978.

COUTINHO, L.M. [Cerrado]. Disponível em <<http://eco.ib.usp.br/cerrado/>> Acesso em 20/02/2008.

DEN OUTER, R. W.; VAN VEENENDAAL, W. L. H. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa. In: BAAS, P.; BOLTON, A. J.; CATLING, D. M. (Ed.) **Wood structure in biological and technological research.** Leiden: Leiden University Press, 1976.

DICKINSON, W. C. A study of the floral morphology and anatomy of the Caryocaraceae. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, v. 117, n. 2, p.123-137, 1990.

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

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

FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 07, p.141-154.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo**. 103f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FRANCO, A.C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 10, p.179-196.

FRANCO, A.C. Seasonal patterns of gas Exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna specie. **Plant Ecology**, Netherlands, v.136, p.69-76. 1998.

FRANCO, A.C. **Fotossíntese e resistência foliar em *Didymopanax macrocarpum***. 79p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1983.

FRANCO, A.C.; LÜTTGE, U. Midday depression in savanna trees:coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia**, Berlin, v.131, n.3, p.356-365, 2002.

GOLDSTEIN, J.L. *et al.* Stem water storage and diurnal patterns of water use in tropical forest canopy trees. **Plant, Cell & Environment**, New Jersey, v. 21, p. 397-406, 1998.

GOMEZ, A.V.; MUÑIZ, G.I.B. Wood structure and ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* and *P. juliflora* and influence of ecological factors. In: FAO International Conference on *Prosopis*, 2nd, 1986, Recife. **Annals...** Recife, 1986, p.195-216.

GOODLAND, R.; FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1979.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 09, p.167-178.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M.N. (Ed.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1993. p.321-344.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 10, n 3, p. 219-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **LPF – Série técnica n. 15: Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I Angiospermae. II Gimnospermae**. Brasília: Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação/Laboratório de Produtos Florestais, 1991.

JACOBSEN, A.L. *et al.* Do Xylem Fibers Affect Vessel Cavitation Resistance? **Plant Physiology**, Waterbury, v. 139, p. 546-556, set. 2005.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York, London: McGraw - Hill Book Company, Inc, 1940.

JOHNSON, C.E.; FRANCO, A.C.; CALDAS, L.S. Fotossíntese e resistência foliar em espécies nativas do cerrado: metodologia e resultados preliminares. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.6, p.91-97, 1983.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Ed. Fondo de Cultura Económica, 1948.

LÄUCHLI, A. Translocation of organic solutes. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 23, p.197-218, 1972.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press, 1972.

LI, B.; TER WELLE, B.J.H.; KLAASSEN, R.K.W.M. Wood anatomy of trees and shrubs from China. VII. Sapindaceae. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, p. 191-215, 1995.

LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA Journal**, Leiden, v.15, n.4, p.361-376, 1994.

LISI, C.S. *et al.* Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado"**: características, propriedades e manejo. Piracicaba,SP: Potassa & Fosfato, 1983.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n.2, p.271-280, abr.-jun. 2004.

LUCHI, A.E.; SILVA, L.C.P.; MORAES, M.A. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.4, p. 809-820, out.-dez., 2005.

MACHADO, S.R.; ALFONSO, V.A.; MORRETES, B.L. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 18, n. 1, p. 13-25, 1997.

MACHADO, S.R. *et al.* Structural variations in root and stemwood of *Styrax* (Styracaceae) from Brazilian forest and cerrado. **IAWA Journal**, Leiden, v. 28, n.2, p. 173-188, 2007.

MAGALHÃES, H. G. *et al.* Estudo estrutural do pequizeiro *Caryocar brasiliense* Camb. Caryocaraceae, sob o aspecto farmacológico e botânico. **Revista Brasileira de Farmácia**. Rio de Janeiro, v. 69, n. 1-3, p. 31-41, 1988.

MAINIERI, C; CHIMELO, J.P.; ALFONSO, V.A. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: Promocet, 1983. p. 1-241.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 311–320, 2001.

MARCATI, C.R.; OLIVEIRA, J.S.; MACHADO, S.R. Growth rings in cerrado Woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 3. 2006. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032006000300001&lng=pt&nrm=iso .>. Acesso em 10/02/2008.

MARIA, V.R.B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. 126f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MELLO, E.C. Estudo anatômico das madeiras do gênero *Caryocar* Linn. **Brasil Florestal**, Brasília, v.1, n.2, p. 54-62, 1970.

MELO JÚNIOR, J. C. F. **Anatomia ecológica da folha e do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) do Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva - PR**. 73f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MENDONÇA, R. *et al.* Flora vascular do cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 287-556.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusions of general introduction**, 2 ed. Oxford: Clarendon Press, 1983. v.2.

MINA-RODRIGUES, E.M.C. **Estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de *Pera glabrata* Baill. (Euphorbiaceae), em material procedente de mata mesófila semidecídua e de cerrado**. 103f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1986.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. [Angiosperm phylogeny - Caryocaraceae]. Disponível em < <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>> Acesso em 12/11/2008.

MITTERMEYER, R.A.; MYERS, N.; MITTERMEYER, C.G. **Hotspots Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. New York: CEMEX - Conservation International, 1999.

MONTEFUSCO, A. R. G. **Anatomia ecológica do lenho de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae), barbatimão, no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, PR**. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NAVES-BARBIERO *et al.*, Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p. 119-134, 2000.

NOSHIRO, S; BAAS, P. Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: Case study in *Cornus* s.l. (Cornaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 87, n.10, p. 1495-1506, 2000.

NOSHIRO, S.; JOSHI, L.; SUZUKI, M. Ecological anatomy of *Alnus nepalensis* (Betulaceae) in East Nepal. **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 107, p. 399-408, 1994.

PEREIRA, B.A.S. **Estudo morfo-anatômico da madeira, casca e folha de duas variedades vicariantes de *Sclerolobium paniculatum* de mata e cerrado**. 209f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

PEREZ, S.C.J.G.A; MORAES, J.A.P.V. Determinação do potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreos, arbustivo e herbáceo de um cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, p. 27-37, 1991.

PINHO, R.A.; CAMARGO, T.M. Contribuição ao estudo anatômico do lenho secundário de árvores da flora dos cerrados. III. São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 8, p.1-9, 1979.

PINHO, R.A., MAZZONI-VIVEIROS, S., SAJO, M.G. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de árvores da flora dos cerrados, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 19, n.1/2, p. 171-183. 1992.

PRANCE, G. T. The genus *Cayocar* L. (Caryocaraceae): an underexploited tropical resource. **Advances in Economic Botany**, Bronx, v. 8, p. 177-188, 1990.

REATTO, A.; MARTINS, E.S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap.01, p. 47-60.

RIBEIRO, M.L.R.d a C.; BARROS, C.F. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima (Leguminosae – Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 839-844, 2006.

RIBEIRO, J.F. *et al.* Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-152.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos. São Paulo: Hucitec, 1976.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. Balanços hídricos climatológicos de quinhentas localidades brasileiras. Disponível em <<http://ce.esalq.usp.br/departamentos/lce/bhbrasil/Saopaulo>> Acesso em 20/07/2008.

RUGGIERO, P.G.C. *et al.* Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.2, p. 383-394. 2006.

RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R. O solo e a comunidade vegetal. In: V.R. PIVELLO; E.M. VARANDA (Org.). **O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual da Vassununga, São Paulo) – Ecologia e Conservação**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2005. p.173-188.

SAAS, J. E. **Botanical microtechnique**, 2. ed. Ames: The Iowa State College Press, 1951.

SANTANA, J.G; NAVES, R.V. Caracterização de ambientes de cerrado com alta densidade de pequiyeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região sudeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n.1, p.1-10, 2003.

SILVA JÚNIOR, M.C. **Guia de Campo**: 100 árvores do cerrado. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.

VAN DER GRAAF, N.A.; BAAS, P. Wood anatomical variation en relation to latitude and altitude. **BLUMEA**, Leiden, v. 22, p.101-121, 1974.

VAN DER OEVEN, L.; BAAS, P.; ZANDEE, M. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 2, p.3-24, 1981.

VETTER, R.E.; BOTOSSO, P.C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin New series**, v.10, n.2, p.133-145, 1989.

VIEIRA, R. F., MARTINS, M. V. M. Recursos genéticos de plantas medicinais do cerrado: uma compilação de dados. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 3, n.1, p.13-36, 2000.

VILLAGRA, P.E.; ROIG JUÑENT, F.A. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. **IAWA Journal**, Leiden, v.18, n.1, p. 37-51, 1997.

WHEELER, E.A.; BAAS, P. A survey of the fossil Record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 12, p. 275-332, 1991.

WILKINS, A.P.; PAPASSOTIRIOU, S. Wood anatomical variation of *Acacia melanoxylon* in relation to latitude. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 10, p. 201-207, 1989.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.10, n.2, p.109-122, 1989.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF BRASIL. [Cerrado]. Disponível em <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/biomas/bioma_cerrado/> Acesso em 29/02/2008.

ZHONG, Y.; BAAS, P.; WHEELER, E.A. Wood anatomy of trees and shrubs from China. IV. Ulmaceae. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 13, p. 419-453, 1992.

APÊNDICE I

Imagens anatômicas

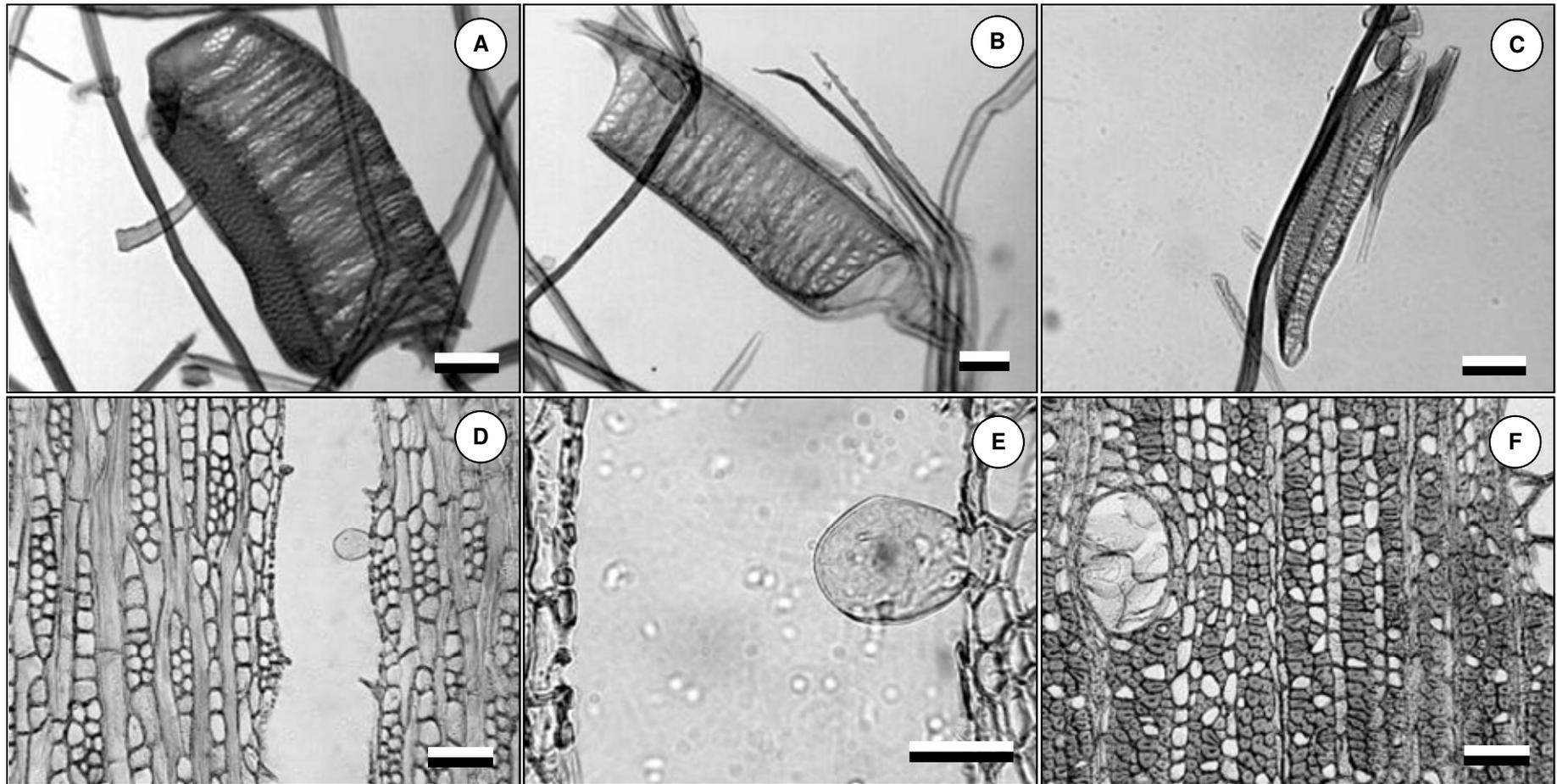


Figura 20. Vasos em *Caryocar brasiliense* (A, B, C) Aspecto dos elementos de vaso; (D,E,F) Intrusão de células parenquimáticas para o lume dos vasos. Escala barra: (A,B,C,D,F) 100 μ m; (E): 50 μ m.

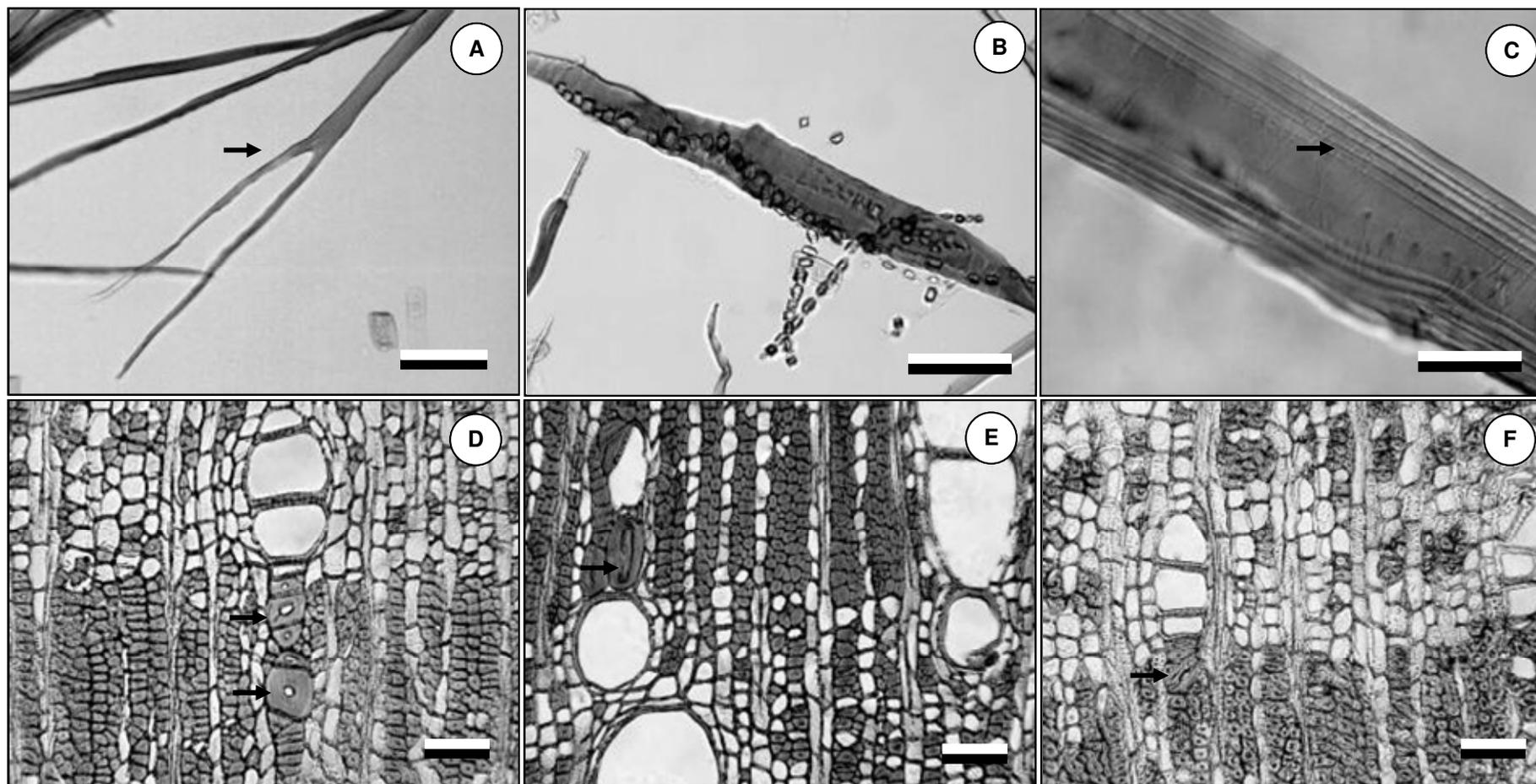


Figura 21. Fibras em *Caryocar brasiliense* (A) Fibra com cavidade intrusiva; (B) Fibra com crescimento intrusivo associada à séries cristalíferas; (C) Fibra com crescimento intrusivo, detalhe da sobreposição de camadas que compõem a parede celular; (D,E) Aspecto das fibras com crescimento intrusivo em corte transversal; (F) Fibras gelatinosas. **Escala barra:** (A) 500 μ m; (B,D,E,F) 100 μ m; (C) 50 μ m.

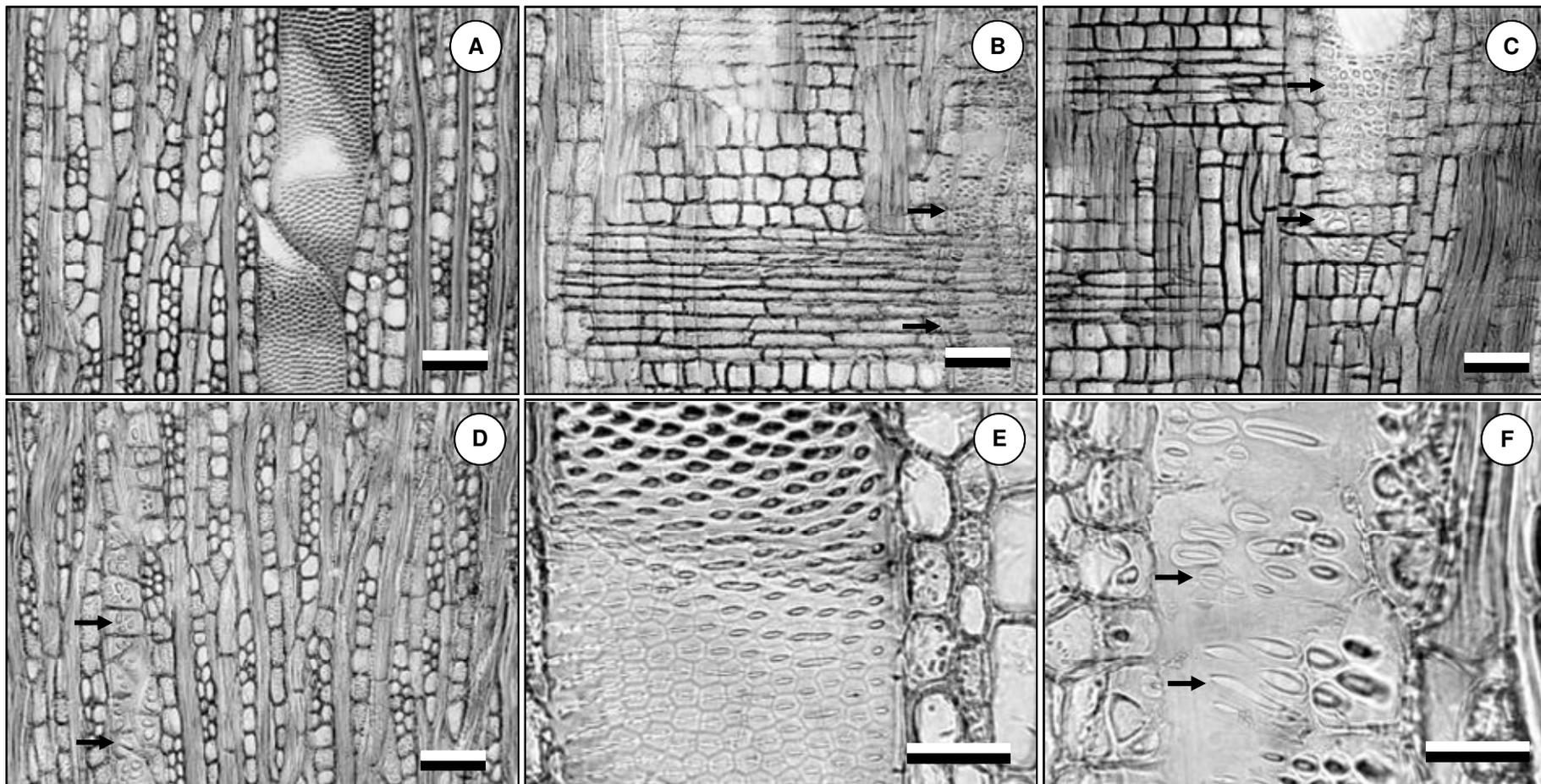


Figura 22. Pontoações em *Caryocar brasiliense* (A, E) Pontoações intervasculares areoladas, alternas, de contorno poligonal a oval; (B, C) Pontoações radiovasculares semi-areoladas a simples, arranjo e forma irregulares; (D) Pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares; (F) Detalhe das pontoações parênquimovasculares. **Escala barra:** (A,B,C,D) 100µm; (E,F) 50µm.

APÊNDICE II

Resultados complementares

Tabela 03. Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Santa Rita do Passa Quatro, fisionomia de cerradão (Área I), SP.

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Média (x)	Mín	Máx	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (CV%)	
Fibras	Comprimento (μm)	2085,05	1499,19	2874,49	282,24	13,54	
	Diâmetro da fibra (μm)	23,97	13,10	40,87	4,64	19,36	
	Espessura da parede (μm)	10,52	4,94	17,96	2,37	22,53	
Raios	Altura (μm)	460,97	175,37	1015,48	138,26	29,99	
	Largura (μm)	38,23	18,66	74,63	8,84	23,12	
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	11,53	9,73	12,58	0,79	6,85	
Vasos	1	28,27	-	-	-	-	
	2	36,03	-	-	-	-	
	Porcentagem de poros solitários e múltiplos	3	24,31	-	-	-	-
		4	7,80	-	-	-	-
		≥ 5	3,60	-	-	-	-
	Comprimento dos elementos de vaso (μm)	512,25	225,05	889,89	132,96	25,96	
	Diâmetro dos poros (μm)	144,51	33,33	292,69	55,32	38,28	
	Frequência de poros (poros/mm ²)	6,84	3,04	11,24	1,93	28,22	
	Área poros (mm ² /mm ²)	0,120	0,072	0,164	0,026	0,022	
	Porcentagem de poros	12,10	7,30	16,59	2,62	21,65	

Tabela 04. Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Santa Rita do Passa Quatro, fisionomia de cerrado s.s. (Área II), SP.

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Média (x)	Mín	Máx	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (CV%)	
Fibras	Comprimento (μm)	2151,99	1528,07	2993,45	270,91	12,59	
	Diâmetro da fibra (μm)	23,64	13,62	37,29	4,13	17,47	
	Espessura da parede (μm)	10,72	5,71	17,08	2,04	19,03	
Raios	Altura (μm)	427,87	140,94	989,06	137,18	32,06	
	Largura (μm)	38,28	18,52	81,48	9,74	25,44	
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	12,40	11,36	14,24	0,76	6,13	
Vasos	1	23,04	-	-	-	-	
	2	37,10	-	-	-	-	
	Porcentagem de poros solitários e múltiplos	3	23,84	-	-	-	-
		4	12,05	-	-	-	-
		≥ 5	3,97	-	-	-	-
	Comprimento dos elementos de vaso (μm)	483,03	205,04	753,03	114,20	23,64	
	Diâmetro dos poros (μm)	156,51	33,33	293,18	56,89	36,35	
	Frequência de poros (poros/mm ²)	6,79	3,49	12,30	2,05	30,19	
	Área poros (mm ² /mm ²)	0,135	0,090	0,185	0,027	0,020	
	Porcentagem de poros	13,65	9,18	18,83	2,74	20,07	

Tabela 05. Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Jeriquara, SP.

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Média (x)	Mín	Máx	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (CV%)	
Fibras	Comprimento (μm)	2053,36	1265,37	2883,42	307,33	14,97	
	Diâmetro da fibra (μm)	24,25	14,08	38,95	4,91	20,25	
	Espessura da parede (μm)	10,36	4,26	18,63	2,99	28,86	
Raios	Altura (μm)	528,69	172,29	1220,20	188,76	35,70	
	Largura (μm)	41,95	18,66	85,82	9,95	23,72	
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	10,60	8,56	12,75	1,13	10,66	
Vasos		1	26,50		-	-	
		2	36,89		-	-	
	Porcentagem de poros solitários e múltiplos		3	23,14		-	-
			4	6,95		-	-
			≥ 5	6,52		-	-
		Comprimento dos elementos de vaso (μm)	513,54	238,88	938,24	135,75	26,43
	Diâmetro dos poros (μm)	140,62	37,04	303,70	44,84	31,89	
Frequência de poros (poros/mm ²)	5,92	2,73	10,79	1,85	31,25		
Área poros (mm ² /mm ²)	0,094	0,052	0,128	0,021	0,023		
Porcentagem de poros	9,44	5,19	12,80	2,12	22,46		

Tabela 06. Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Rifaina, SP.

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Média (x)	Mín	Máx	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (CV%)	
Fibras	Comprimento (μm)	1815,01	1075,73	2820,55	297,72	16,40	
	Diâmetro da fibra (μm)	25,57	13,00	38,36	4,60	17,99	
	Espessura da parede (μm)	9,68	5,61	17,06	2,44	25,21	
Raios	Altura (μm)	554,02	227,94	1208,57	185,48	33,48	
	Largura (μm)	40,85	22,06	80,88	11,34	27,76	
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	10,55	8,05	12,25	1,13	10,71	
Vasos		1	17,33		-	-	
		2	45,32		-	-	
	Porcentagem de poros solitários e múltiplos		3	21,95		-	-
			4	12,97		-	-
			≥ 5	2,43		-	-
		Comprimento dos elementos de vaso (μm)	500,92	224,25	1097,34	138,11	27,57
	Diâmetro dos poros (μm)	144,86	33,33	304,06	55,07	38,02	
Frequência de poros (poros/mm ²)	5,62	3,04	8,50	1,22	21,71		
Área poros (mm ² /mm ²)	0,099	0,069	0,162	0,022	0,022		
Porcentagem de poros	9,99	6,94	16,41	2,25	22,52		

Tabela 07. Elementos anatômicos e valores referentes às variáveis analisadas nas amostras procedentes de Formosa, GO.

Elementos anatômicos	Variáveis analisadas	Média (x)	Mín	Máx	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (CV%)
Fibras	Comprimento (μm)	1975,23	1226,11	2914,74	312,31	15,81
	Diâmetro da fibra (μm)	58,91	34,64	96,93	10,10	17,14
	Espessura da parede (μm)	20,79	6,59	37,95	5,00	24,05
Raios	Altura (μm)	745,59	212,01	2200,85	370,43	49,68
	Largura (μm)	41,57	18,59	78,15	11,54	27,76
	Frequência de raios (raios/mm _{linear})	11,58	8,78	14,02	1,23	10,62
Vasos		1	46,27		-	-
		2	42,22		-	-
	Porcentagem de poros solitários e múltiplos	3	10,40		-	-
		4	1,10		-	-
		≥ 5	0,00		-	-
	Comprimento dos elementos de vaso (μm)	525,34	195,54	983,39	153,26	29,17
	Diâmetro dos poros (μm)	175,28	37,04	311,11	62,57	35,70
	Frequência de poros (poros/mm ²)	4,84	2,58	7,59	1,22	25,21
	Área poros (mm ² /mm ²)	0,104	0,065	0,141	0,020	0,019
	Porcentagem de poros	10,43	6,49	14,05	1,97	18,89

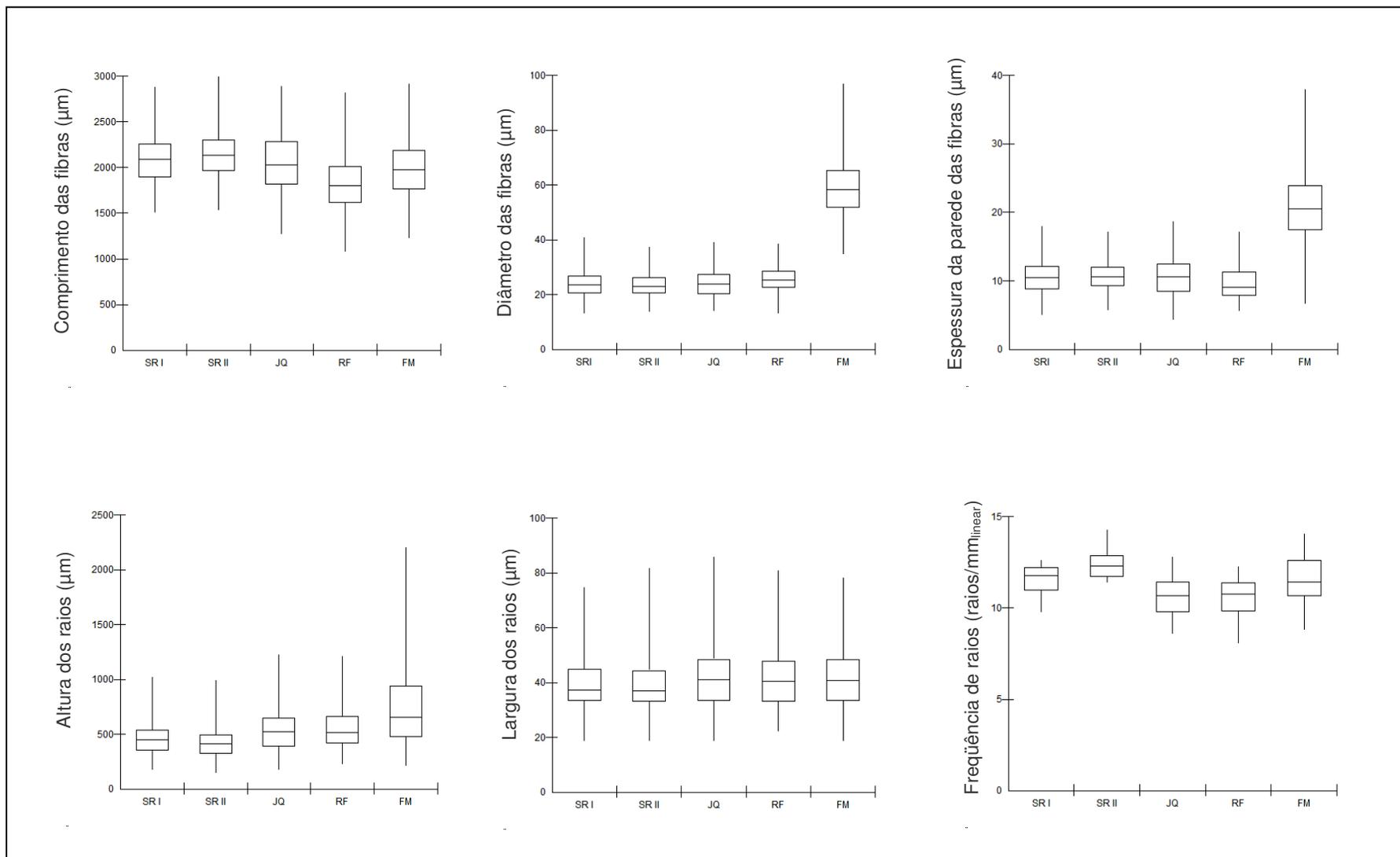


Figura 17. Gráficos de caixa (*box-plots*) referentes à distribuição das dimensões das fibras e do parênquima radial (raios) em quartis.

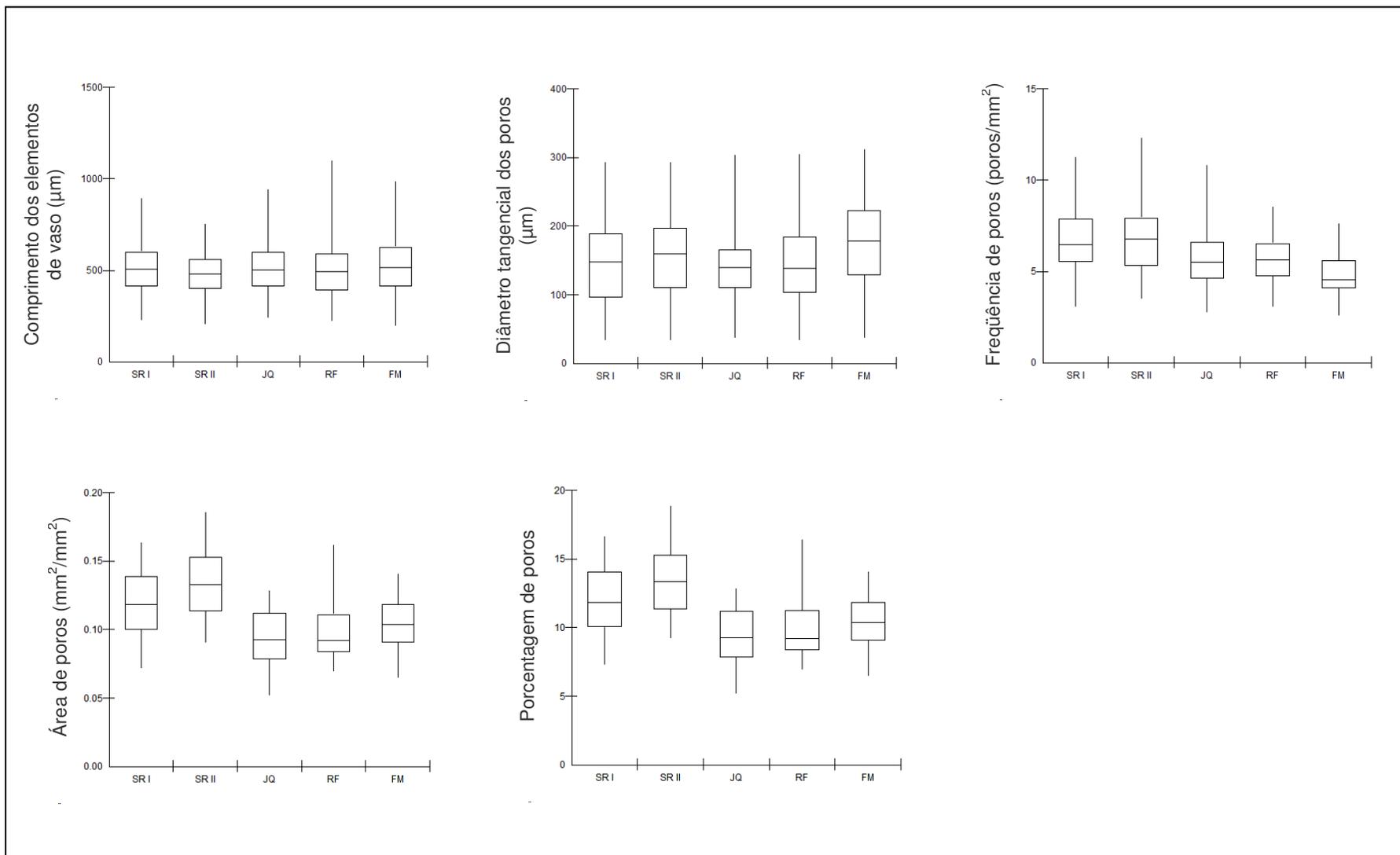


Figura 18. Gráficos de caixa (*box-plots*) referentes à distribuição das dimensões dos elementos de vaso em quartis.

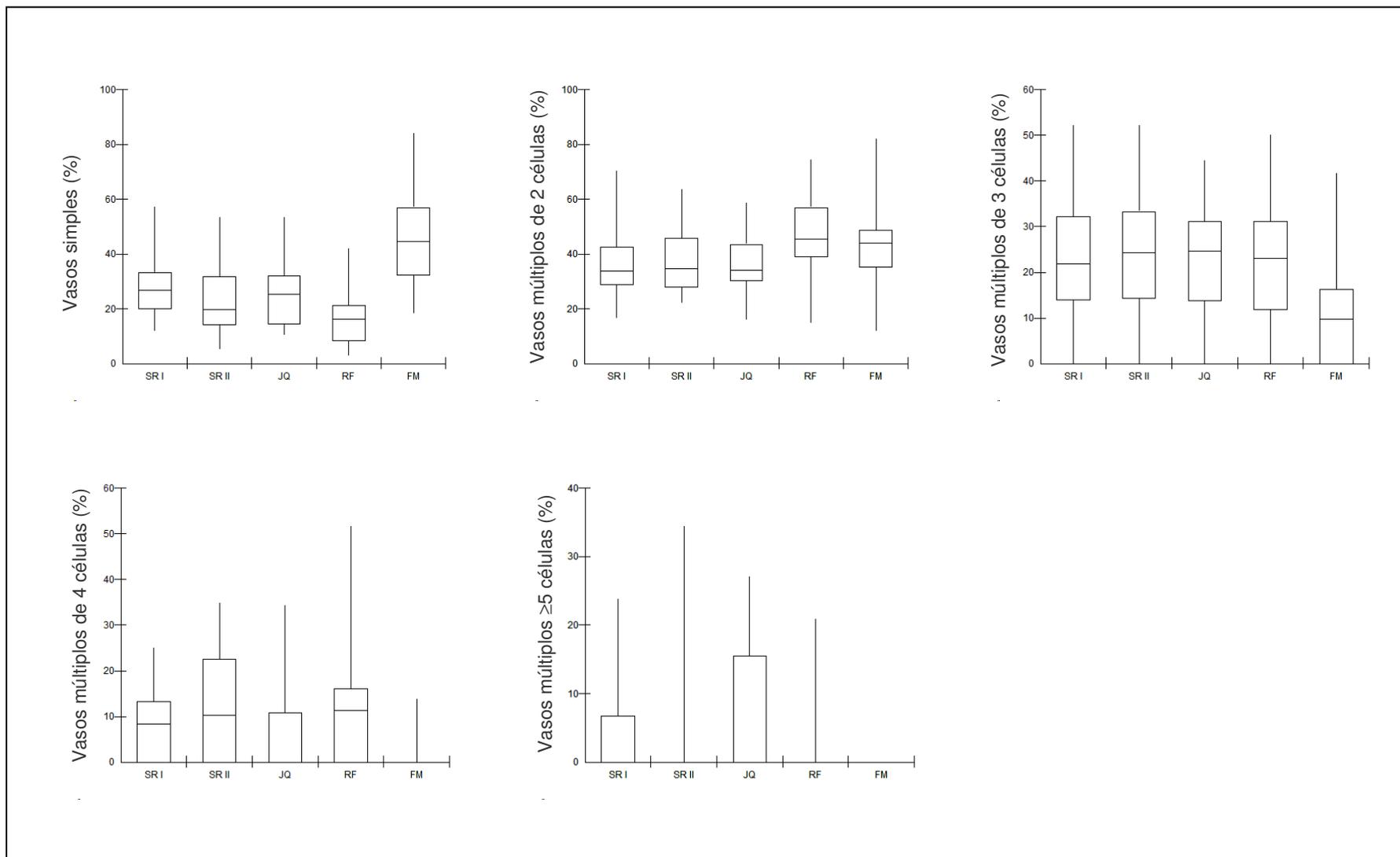


Figura 19. Gráficos de caixa (*box-plots*) referentes à distribuição em quartis do agrupamento dos vasos quanto ao número de células.

Tabela 08. Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Jeriquara, SP.

Profundidade (cm)	pH		cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³		g.dm ⁻³		%	%	g.kg ⁻¹	
	CaCl ₂	SMP	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	S	C	V	m	Ca/Mg	Argila
0-5	4,80	6,20	0,10	4,30	2,80	0,80	0,18	3,78	8,08	2,30	-	18,4	47	3	3,5	450,0
5-25	4,80	6,40	0,10	3,70	1,30	0,40	0,07	1,77	5,47	1,20	-	17,2	32	5	3,3	425,0
40-60	5,00	6,60	0,00	3,20	0,70	0,20	0,04	0,94	4,14	0,60	-	13,6	23	0	3,5	350,0
80-100	5,00	6,70	0,00	3,00	0,60	0,10	0,03	0,73	3,73	0,40	-	12,4	20	0	6,0	350,0

Tabela 09. Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Rifaina, SP.

Profundidade (cm)	pH		cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³		g.dm ⁻³		%	%	g.kg ⁻¹	
	CaCl ₂	SMP	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	S	C	V	m	Ca/Mg	Argila
0-5	4,00	6,40	0,90	3,70	0,60	0,20	0,06	0,86	4,56	5,20	-	10,0	19	51	3,0	150,0
5-25	4,10	6,50	0,80	3,40	0,40	0,10	0,03	0,53	3,93	1,60	-	9,4	13	60	4,0	150,0
40-60	4,20	6,50	0,80	3,40	0,50	0,10	0,02	0,62	4,02	0,60	-	11,2	15	56	5,0	175,0
80-100	4,30	6,70	0,70	3,00	0,50	0,10	0,02	0,62	3,62	0,40	-	6,3	17	53	5,0	150,0

Tabela 10. Resultado das análises química e física das amostras de solo coletadas em Formosa, GO.

Profundidade (cm)	pH		cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³		g.dm ⁻³		%	%	g.kg ⁻¹	
	CaCl ₂	SMP	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	S	C	V	m	Ca/Mg	Argila
0-5	4,30	6,10	0,80	4,60	0,90	0,30	0,30	1,50	6,10	0,40	-	16,0	25	35	3,0	450,0
5-25	4,30	6,40	0,70	3,70	0,60	0,10	0,23	0,93	4,63	0,30	-	14,8	20	43	6,0	400,0
40-60	4,50	6,60	0,40	3,20	0,40	0,10	0,15	0,65	3,85	0,20	-	10,6	17	38	4,0	350,0
80-100	4,70	6,60	0,20	3,20	0,60	0,20	0,12	0,92	4,12	0,10	-	8,1	22	18	3,0	350,0

Tabela 11. Quadro da análise de variância para comprimento de fibras.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	100076,330	4,83 (**)	0,01
Entre árvores	5	25807,721	1,25 (¹)	0,32
Resíduo	20	20700,220		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

(¹) não significativo.

Tabela 12. Quadro da análise de variância para diâmetro de fibras.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	1435,549	288,59 (**)	0,00
Entre árvores	5	0,555	0,11 (¹)	0,99
Resíduo	20	4,974		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

(¹) não significativo.

Tabela 13. Quadro da análise de variância para espessura da parede das fibras.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	132,392	43,26 (**)	0,00
Entre árvores	5	1,644	0,54 (¹)	0,75
Resíduo	20	3,060		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

(¹) não significativo.

Tabela 14. Quadro da análise de variância para altura dos raios.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	92058,850	14,26 (**)	0,00
Entre árvores	5	12759,380	1,98 (¹)	0,13
Resíduo	20	6455,026		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

(¹) não significativo.

Tabela 15. Quadro da análise de variância para largura dos raios.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	19,379	0,70 ⁽¹⁾	0,06
Entre árvores	5	9,014	0,32 ⁽¹⁾	0,89
Resíduo	20	27,875		
Total	29			

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 16. Quadro da análise de variância para frequência de raios.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	4050,000	4,46 (**)	0,01
Entre árvores	5	0,090	0,10 ⁽¹⁾	0,99
Resíduo	20	0,908		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 17. Quadro da análise de variância para porcentagem de poros.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	17,930	4,86 (**)	0,01
Entre árvores	5	5,526	1,50 ⁽¹⁾	0,23
Resíduo	20	3,690		
Total	29			

(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 18. Quadro da análise de variância para frequência de poros.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	4,235	1,82 ⁽¹⁾	0,16
Entre árvores	5	1,270	0,55 ⁽¹⁾	0,74
Resíduo	20	2,325		
Total	29			

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 19. Quadro da análise de variância para área de poros.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	0,002	3,73 ^(*)	0,02
Entre árvores	5	0,001	1,57 ⁽¹⁾	0,21
Resíduo	20	0,000		
Total				

^(*) significativo a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 20. Quadro da análise de variância para diâmetro de poros.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	1197,562	5,08 ^(**)	0,01
Entre árvores	5	488,415	2,07 ⁽¹⁾	0,11
Resíduo	20	235,641		
Total	29			

^(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 21. Quadro da análise de variância para comprimento dos elementos de vaso.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	1526,872	0,71 ⁽¹⁾	0,59
Entre árvores	5	1814,116	0,85 ⁽¹⁾	0,53
Resíduo	20	2138,761		
Total	29			

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 22. Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos solitários.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	711,448	5,92 ^(**)	0,00
Entre árvores	5	58,590	0,49 ⁽¹⁾	0,78
Resíduo	20	120,265		
Total	29			

^(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 23. Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de duas células.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	98,950	1,70 ⁽¹⁾	0,19
Entre árvores	5	30,787	0,53 ⁽¹⁾	0,75
Resíduo	20	58,248		
Total	29			

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 24. Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de três células.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	204,691	5,53 ^(**)	0,00
Entre árvores	5	56,321	1,52 ⁽¹⁾	0,23
Resíduo	20	36,995		
Total				

^(**) altamente significativo a 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 25. Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de quatro células.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	134,521	3,56 ⁽¹⁾	0,02
Entre árvores	5	37,419	0,99 ⁽¹⁾	0,55
Resíduo	20	37,761		
Total	29			

⁽¹⁾ significativo a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ não significativo.

Tabela 26. Quadro da análise de variância para agrupamento dos vasos: vasos múltiplos de cinco a mais células.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Entre áreas	4	33,827	1,43 ⁽¹⁾	0,26
Entre árvores	5	16,199	0,69 ⁽¹⁾	0,64
Resíduo	20	23,604		
Total	29			

⁽¹⁾ não significativo.