



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Botânica
Programa de Pós-Graduação em Botânica

**Taxonomia e Morfometria foliar de *Tapura amazonica*
Poepp. & Endl. (Dichapetalaceae)**

Estevão do Nascimento Fernandes de Souza

**2012
Brasília-DF**



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Botânica
Programa de Pós-Graduação em Botânica

**Taxonomia e Morfometria foliar de *Tapura amazonica*
Poepp. & Endl. (Dichapetalaceae)**

**Dissertação apresentada à
Universidade de Brasília, como parte
das exigências para obtenção do título
de Mestre em Botânica**

**Orientadora
Prof^a. Dr^a. Carolyn Elinore Barnes Proença**

**2012
Brasília-DF**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1003218.

S729t Souza, Estevão do Nascimento Fernandes de.
Taxonomia e morfometria foliar de *Tapura amazonica*
Poepp. & Endl. (Dichapetalaceae) / Estevão do Nascimento
Fernandes de Souza. -- 2012.
ix, 67 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de
Botânica, Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2012.
Inclui bibliografia.

Orientação: Carolyn Elinore Barnes Proença.

1. Taxonomia vegetal. 2. Cerrados. 3. Dicapetalácea.
4. Plantas - Distrito Federal (Brasil). I. Proença,
Carolyn - (Carolyn Elinore Barnes). II. Título.

CDU 57.015

**Taxonomia e Morfometria foliar de *Tapura amazonica*
Poepp. & Endl. (Dichapetalaceae)**

Dissertação apresentada à Universidade de
Brasília, como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em Botânica.

APROVADO em 14 de Setembro de 2012

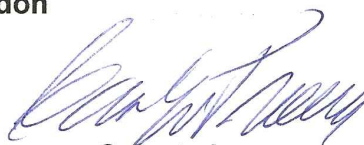


Profa. Dra. Maria Regina Torres Boeger



Prof. Dr. Luciano Coelho Milhomens Fonseca

Profa. Dra. Rosana Tidon



Orientadora

Prof^a. Dr^a. Carolyn Elinore Barnes Proença

2012

Brasília-DF

**Aos meus pais, Paulo e Ivana,
que me acompanharam e
apoiaram diariamente, e aos
meus avós, constatemente
presentes em minha vida, Dedico.**

Agradecimentos

Agradeço à Professora Carolyn Proença, minha orientadora, pelo apoio, incentivos e ajuda, além da orientação para esta dissertação sair do mundo das ideias. Um muito obrigado a esta “mãe acadêmica”, como chamamos entre nós, seus “filhos” por acreditar e incentivar a seguir em frente, nesta vida fantástica que é a pesquisa e a Botânica. Um muito obrigado também aos professores que se tornaram, além de professores, amigos, Paulo Câmara (Padu) e Micheline, pelos momentos de apoio na dissertação e pelas boas conversas de corredor, “farras gastronômicas” e conversas sobre o futuro. E aos professores do mestrado: Lúcia Helena, Cássia, Lúcio Flavio, Graça, companheiros de quase dois anos. Agradeço em especial ao Professor Augusto, juntamente com a CAPES, pela bolsa concedida.

Agradeço aos meus amigos da Botânica: Ana Gabriela, Priscila (Preka), Carol Schaffer, Kadja, Jair, Maria Rosa, Juliana, Ana Zotta, Paulo Cipó, Abel, Allan, André, Claudenir, Renata, Aryanne, Renata, Juliane, Raissa, Mayara, Daniel, Vanessa (por toda ajuda estatística), Renato e todos aqueles que fizeram esses dois anos de mestrado um tempo agradável, divertido e me ajudaram com o trabalho, com programas, com análises, ou saindo pra almoçar, pra passear... Muito obrigado!

Agradeço também as pessoas que me acompanham na vida de biólogo, desde os tempos de graduação e estão sempre ali, presentes, dispostos a ajudar, a papear, enfim, tem um cantinho especial na minha vida: Flávia, Pedro, Talita, Karla, Osmar, Caroll, Ju, Rafael, Carolzinha, Diogo, Gabi, Stifa (pelos conselhos e conversas da botânica)... Valeu galera!

Além da vida “biológica” amigos de uma vida toda também tem papel nesta história. Um agradecimento especial ao Caio, Heloisa, Gabriel, amigos de longa data e eternos!

Não esquecendo dos outros amigos, aqueles que caminham juntos numa trilha alternativa. Agradeço à Gisele, Sérgio, Alan, Susan, Moisés, Luiz, Alessandro e Bárbara. Que possamos sempre continuar trilhando este nosso caminho!

E por último, mas não menos importante, um muito obrigado aos meus familiares, sempre presentes, em todos os momentos e para o que der e vier! Meus avós Paulo, Florinda, Ivan, Marta, meus tios Dudu, Mirian, Tio Otto, Tia Regina, Tia Bibi, Tio Papaulo, Magão, Tia Mayrlene, Paula, Wilson, Nana, Tio Cadão, Nando e Paulinha (valeu gente), Tio Mario Emílio e Tia Adelaide, meus primos Ivanzinho, Igor, Bruno, Daniel, Natasha, Mariana, Pedro, Giovanna, Tiago, Bruno, Rodrigo, Hugo, Caio, Brunella, Larissa, Thayssa... Ufa! Amo vocês todos! Um obrigado especial aos meus pais, Ivana e Paulo... vocês são 10! Amo vocês!

E um muito obrigado também aos Mestres, visíveis e invisíveis, sempre presentes...

Índice

Introdução	1
A família Dichapetalaceae e a espécie <i>Tapura amazonica</i>	1
O bioma Cerrado e as matas de Galeria	2
Objetivos	3
Referências	4
Capítulo I. Dichapetalaceae na Flora do DF	6
Material selecionado	8
Lista de exsicatas	9
Capítulo II. Variação do Contorno Foliar de <i>Tapura amazonica</i> (Dichapetalaceae)	11
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução	14
Metodologia	
Coleta e processamento das folhas.....	17
Obtenção das imagens	18
Análises Morfométricas.....	23
Análises Estatísticas	23
Resultados	
Análises Morfométricas.....	25
Análises Estatísticas	35
Discussão.....	37
Referências.....	39
Capítulo III. Análise da variação do contorno foliar de <i>Tapura amazonica</i> (Dichapetalaceae) em diferentes faixas de altitude	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução	44
Metodologia	
Coleta e processamento das folhas.....	47
Obtenção das imagens	48
Análises Morfométricas.....	49
Análises Estatísticas	49
Resultados	51
Discussão.....	63
Referências.....	65

Índice de Tabelas

Capítulo II.

Tabela 1. Locais de origem das folhas analisadas e quantidade de folhas por localidade, organizados de acordo com a latitude	20
Tabela 2. Componentes principais, auto-valores, proporção e total da influência no contorno das folhas	25

Capítulo III.

Tabela 1. Faixas de altitude e número de amostras provenientes de cada faixa estudada.....	50
Tabela 2. Componentes principais, auto-valores, proporção e total da influência no contorno das folhas	51
Tabela 3. Distribuição dos locais amostrados nos três grupos da Análise de agrupamento.....	60
Tabela 4. Teste de I de Moran.....	61

Índice de Figuras

Capítulo I

Figura 1. Distribuição de Dichapetalaceae no Distrito Federal, Brasil.....	10
--	----

Capítulo II

Figura 1. Mapa de distribuição das amostras analisadas das duas variedades de <i>Tapura amazonica</i>	18
Figura 2. Imagens obtidas para realização do estudo morfométrico	19
Figura 3. Reconstrução da variação dos contornos foliares dos componentes principais.....	26
Figura 4. Gráfico de dispersão PC1xPC2.....	27

Figura 5. A= Análise de agrupamento (UPGMA) ilustrando os 3 grupos encontrados. B= representação da Análise de agrupamento.....	28
Figura 6. Detalhe da análise de agrupamento com os grupos D (azul) e E (vermelho) O grupo E se refere a variedade <i>manausensis</i>	29
Figura 7. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo C.	30
Figura 8. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo B.	31
Figura 9. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo A.....	32
Figura 10. Gráfico de dispersão PC1xPC2, indicando os três grupos encontrados de acordo com análise de agrupamento. Cores cinza e azul= <i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i> . Vermelho= <i>T. amazonica</i> var <i>manausensis</i>	33
Figura 11. Gráfico de dispersão PC1xP2 com variação no contorno foliar de algumas amostras.....	34
Figura 12. Gráfico de CVA realizado entre os 3 grupos. Cores cinza e azul= <i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i> . Vermelho= <i>T. amazonica</i> var <i>manausensis</i>	35
Figura 13. Análise discriminante entre os morfotipos encontrados. Azul=grupo 1, Cinza= grupo 3, Vermelho=grupo 2.	36

Capítulo III.

Figura 1. Mapa de distribuição das amostras analisadas. Cores estão associadas com diferenças de altitude	48
Figura 2. Ilustração da Variação abarcada pelos componentes principais PC1 e PC2	52
Figura 3. Gráfico de dispersão PC1xPC2. Pontos azuis=grupo baixa altitude (0-500m), pontos verdes=grupo média altitude (500-900m) e pontos vermelhos=grupo elevada altitude (900-1200m)	53
Figura 4. Gráfico de CVA entre os 3 grupos. Pontos azuis=grupo baixa altitude, pontos verdes=grupo média altitude e pontos vermelhos=grupo elevada altitude	54
Figura 5. Análise discriminante entre os grupos de diferentes faixas de altitude	55

Figura 6. 1= Análise de agrupamento com os grupos de diferentes altitudes. Azul= grupo baixa altitude. Verde=grupo média altitude. Vermelho=grupo elevada altitude. 2= Representação da análise de agrupamento com os principais grupos encontrados. A= grupo com folhas de baixa e media altitude. B= grupo com predominância de folhas de elevada altitude. C= grupo com representantes das 3 faixas altitudinais.....	56
Figura 7. Detalhe do agrupamento A na análise de UPGMA.....	57
Figura 8. Detalhe do agrupamento B.....	58
Figura 9. Detalhe do agrupamento C.....	59
Figura 10. Correlação espacial entre PC1 e Altitude	62
Figura 11. Correlação espacial entre PC1 e Latitude	62

Introdução

A família Dichapetalaceae e a espécie *Tapura amazonica*.

A família Dichapetalaceae pertencente à ordem Malpighiales e é representada por árvores, arbustos, subarbustos ou lianas, com folhas simples, alternas, venação pinada broquidódroma, glabras ou pilosas. Como uma das principais características da família, sua inflorescência (cimosa ou em corimbo) é frequentemente apegada ao pecíolo (raramente a nervura principal da folha). A família Dichapetalaceae possui 3 gêneros e cerca de 160 espécies com distribuição Pantropical (Prance 1972; Souza e Lorenzi, 2005) e centro de diversidade na África (Prance 1972). No Brasil ocorrem três gêneros (*Dichapetalum*, *Stephanopodium* e *Tapura*) com 25 espécies, das quais 11 pertencem à *Tapura*.

A maioria das espécies de *Tapura* ocorrem exclusivamente na Amazônia; são exceções *T.amazonica* que também ocorre no bioma Cerrado e *Tapura folii* Prance e *T.wurdadcziana* que ocorrem na porção mais úmida da floresta atlântica, na chamada “hileia bahiana” que abrange o norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia. *Dichapetalum* é exclusivo da Amazônia e *Stephanopodium* ocorre na Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo (Forzza et al. 2010)

No bioma Cerrado é registrada a presença de 2 representantes dessa família, *Tapura amazonica* e *Stephanopodium engleri* Baill, sendo *Tapura amazonica*, uma espécie arbórea e encontrada em Matas de Galeria e *S. Engleri* encontrada em localidades de Minas Gerais. Atualmente, duas variedades de *T .amazonica* são reconhecidas no Brasil, *Tapura amazonica* var *amazonica* e *Tapura amazonica* var *manausensis* (Prance e Medeiros, 2010).

Tapura amazonica é uma espécie bem registrada no Cerrado e no DF, com ocorrência em diversas matas de galeria do DF, como na reserva do IBGE (Taquara) (Silva-Junior, 2004) Mata do Catetinho (Braga e Rezende, 2007), parque da canjerana (Dietzsch, 2006), Reserva Florestal do Tamanduá (Silva et al, 2004), sendo relatada em outras áreas também como floresta estacional semidecidual do eco museu do cerrado (GO) (Imanãs-Encinas et al, 2007), e Nova Xavantina (MT) (Marimon et al, 2002).

O bioma Cerrado e as matas de Galeria.

O bioma Cerrado ocupa grande parte do território brasileiro, sendo o segundo maior, superado apenas pela Floresta Amazônica (Ratter et al. 1997). Sua área abrange continuamente os estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal, parte da Bahia, Ceará e Maranhão, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Piauí e possui ocorrência em áreas disjuntas como em Rondônia, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, além de ocorrerem pequenas ilhas no estado do Paraná. (Ribeiro e Walter 1998) Desta forma o Bioma Cerrado faz fronteira com outros biomas brasileiros, como a Floresta Amazonica, a Mata Atlântica, a Caatinga e o Pantanal, ocorrendo de forma disjunta na Floresta Amazônica, na Caatinga e na Mata Atlântica (Ribeiro e Walter, 1998) . A vegetação predominante no Bioma Cerrado é dividida em três grandes grupos, sendo esses as formações florestais, as formações satânicas e os campos.

A existência de formações florestais no Cerrado pode ter origem nas expansões e retrações de florestas úmidas da América do Sul, que hoje são caracterizadas como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica ou florestas semidecíduas da Caatinga, durante períodos de glaciação e interglaciais, especialmente durante o Quaternário (Ribeiro e Walter, 1998) . Os períodos glaciais, com clima tipicamente seco teria possibilitado então a formação e manutenção dessas áreas florestais em locais específicos, e a expansão de formações savânicas e campestres em regiões mais extensas ocupando o que hoje é o bioma Cerrado. (Ribeiro e Walter, 1998).

Behling (1998) em estudos palinológicos mostrou a variação na vegetação do Brasil durante o quaternário, trazendo mais evidências para a origem da formação da vegetação do Cerrado como é conhecida hoje. Segundo Behling, existem evidências de expansão e de retração de áreas de Cerrado durante o Holoceno, sendo encontradas áreas maiores no início do Holoceno e áreas menores ao final deste mesmo período no sul/ sudeste brasileiro. Isso pode estar ligado a presença das ilhas de cerrado no estado do Paraná, resultantes desse processo de expansão e retração.

As matas de galerias são consideradas como sendo uma das fitofisionomias do bioma Cerrado, localizadas normalmente ao fundo de vales, delimitadas por campos limpos. (Felfilli et al, 1994) . São matas de formação florestal que acompanham rios e córregos de pequeno porte e formam galerias sobre esses cursos de água, ou seja, possuem um dossel fechado formando corredores. Sua vegetação é perenifólia e a umidade relativa em seu interior é alta, mesmo durante períodos de seca. Ribeiro e

Walter (1998) retratam a mata de galeria como sendo dividida em duas fitofisionomias, sendo as matas de galeria inundáveis, onde o lençol freático é encontrado mais próximo a superfície na maior parte dos trechos, e apresenta uma drenagem pouco eficiente, e as matas de galeria não inundáveis, com os lençóis freáticos não tão próximos da superfície e com uma drenagem mais eficiente.

A biodiversidade presente nas matas de galeria é grande, contendo cerca de 33% das espécies encontradas no bioma Cerrado (Felfilli et al, 2001). Além disso, muitas espécies encontradas nessa fitofisionomia são encontradas também em vegetações de outros biomas brasileiros (Oliveira-Filho & Ratter, 1995), como a espécie *Tapura amazonica* Poepp.&Endl pertencente a família Dichapetalaceae, que também é encontrada na Floresta Amazônica, reforçando a ideia da origem dessas formações florestais estar ligada formação de outras vegetações e biomas brasileiros. Dadas essas características, nota-se um importante apelo de conservação dessas áreas, visto que a atual degradação e ocupação do Cerrado para outros usos as colocam em risco, sendo reportado no DF estimativas de que aproximadamente 60% das matas de galeria já foram substituídas para outros usos (Unesco 2003).

Objetivos

Este trabalho teve como objetivos o estudo da família Dichapetalaceae na Flora do Distrito Federal (Capítulo 1) tendo como único representante a espécie *Tapura amazonica* var *amazonica*.

Além do estudo da flora, a espécie em estudo possui ampla área de ocorrência, e grande diversidade quanto ao formato de suas folhas, dessa forma, os capítulos 2 e 3 tem como objetivos estudos da morfometria foliar da espécie *Tapura amazonica* Poepp. & Endl. visando uma forma de diferenciar as duas variedades atualmente aceitas da espécie, além de se verificar a relação entre a forma das folhas e sua variação encontrada em diferentes faixas de altitude.

Referências:

Behling H. 1998. Late quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. Review of Paleobotany and Palynology 99: 143–156.

Braga F.S.M. Rezende, A.V. 2007. Dinâmica da Vegetação Arbórea da Mata de Galeria do Catetinho, Brasília-DF. Cerne/Lavras 13: 138-148.

Dietzsch L.; Rezende A.V., Pinto J.R.R., Pereira B.A.S. 2006 . Caracterização da flora arbórea de dois fragmentos de Mata de Galeria do Parque Canjerana, DF. Cerne, Lavras, 12: 201-210.

Felfilli J.M. et al. 1994 Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. Cadernos de Geociências do IBGE. 12: 75-166.

Felfilli J.M. et al. 2001. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (Ed.) Cerrado - caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF. 1: 195-209.

Forzza R.C.; Leitman P.M.; Costa A.F.; Carvalho Jr A.A.; Peixoto A.L.; Walter B.M.T.; Bicudo C.; Zappi D.; Costa D.P.; Lleras E.; Martinelli G.; Lima H.C; Prado J.; Stehmann J.R.; Baumgratz J.F.A.; Pirani J.R.; Sylvestre L.; Maia L.C.; Lohmann L.G.; Queiroz L.P.; Silveira M.; Coelho M.N.; Mamede M.C.; Bastos M.N.C.; Morim M.P.; Barbosa M.R.; Menezes M.; Hopkins M.; Secco R.; Cavalcanti T.B.; Souza V.C.. 2010. Introdução. *In* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Imanãs-Encinas J.; Santana O.A., Macedo, L. A., de Paula, J. E. 2008 Distribuição diamétrica de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do eco museu do Cerrado. Cerne, Lavras, 14: 33-45.

Marimon B.S, Felfilli J.M. & Lima E.S. 2002. Floristics and Phytosociology of the Gallery Forest of the Bacaca Stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil.

Oliveira-Filho A.T, Ratter J.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. . *Edinburgh Journal of Botany*, Cambridge. 52: 141-194.

Prance, G.T. 1972. Dichapetalaceae. *Flora Neotropica* 10: 1-84. Prance, G.T. 2002. Dichapetalaceae. In Mori, S.A., Cremers, G., de Granville, J.-J.,

Prance, G.T. & Medeiros, H. 2010. Dichapetalaceae. In *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj>>.

UNESCO. 2003. *Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço*. Brasília: 74 p.

Ratter J.A, Ribeiro J.F, Bridgewater S. 1997 *The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity*. *Annals of Botany* 80 : 223–230

Ribeiro J.F, Walter B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP eds. *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília: Embrapa, 89–168.

Silva J.A, Leite E.J, Silveira M, Nassif A.A, Rezende S.J.M. 2004. Caracterização florística fitossociologia e regeneração natural do sub-bosque da reserva genética florestal Tamanduá, DF. *Ciência Florestal*, Santa Maria. 14: 121-132

Silva-Júnior M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da Mata de Galeria do Taqueara, na reserva ecológica do IBGE, DF. *R. Árvore*, Viçosa-MG, 28: 419-428.

Capitulo I
Dichapetalaceae na Flora do
Distrito Federal

Dichapetalaceae na Flora do Distrito Federal

Estevão do Nascimento Fernandes de Souza

Carolyn Elinore Barnes Proença

Árvores, arbustos, subarbustos ou lianas. **Folhas** alternas, simples, inteiras, pecioladas, glabras ou pilosas, com glândulas dispersas na lâmina, venação broquidódroma; estipulas presentes. **Cimeiras** ou corimbos, axilares, compactos, sesséis a pedunculados e laxos; pedúnculo com frequente concaulescência ao pecíolo e rara à nervura principal da folha; pedicelos articulados. **Flores** actinomorfas a levemente zigomorfas, bissexuais (raro unissexuais), 5-meras; estames 5, todos férteis ou 3 férteis e 2 reduzidos a estaminódios; ovário súpero, 2-3 locular, estiletos 2 ou 3, livres ou concrecidos até próximo ao ápice, comumente recurvados; estigmas capitados ou simples, óvulos 2 por lóculo. **Drupas** secas, raramente carnosas, 1 ou 2(3) loculares, com 1 semente por lóculo.

Dichapetalaceae possui três gêneros e cerca de 160 espécies com distribuição pantropical (Prance 2002) e centro de diversidade na África (Prance 1972). No Brasil ocorrem os três gêneros e 24 espécies (Prance & Medeiros 2010). No Distrito Federal é encontrada apenas a espécie **Tapura amazonica** Poepp. & Endl.

Prance, G.T. 1972. Dichapetalaceae. Flora Neotropica 10: 1-84. Prance, G.T. 2002. Dichapetalaceae. In Mori, S.A., Cremers, G., de Granville, J.-J.,

Heald, S.V., Holff, M. & Mitchell, J.D. (eds.) Guide to the Vascular Plants of Central French Guiana, part 2: Dicotyledons. The New York Botanical Gardens Press, New York, p. 247-249.

Prance, G.T. & Medeiros, H. 2010. Dichapetalaceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj>>.

1. **Tapura** Aublet

Árvores ou arbustos. **Folhas** pecioladas, coriáceas, estípulas diminutas,

caducas ou não. **Glomérulos** densos, sésseis ou subsésseis inseridos no pecíolo ou na nervura central das folhas. **Flores** levemente zigomorfas, bissexuais (raro unissexuais), sépalas imbricadas, pétalas conatas na base formando um tubo com 2 lobos maiores bifidos e bicuculados e 3 menores linear-lanceolados e inteiros; estames adnatos ao tubo da corola ou preso ao receptáculo, 3 férteis e 2 reduzidos a estaminódios, ou 5 férteis; ovário globoso, 2-3 locular, estilete único, 2 ou 3 lobos no ápice.

Tapura apresenta 18 espécies atualmente aceitas, podendo chegar a 30 espécies, sendo cerca de sete na África e o restante nos neotrópicos (Prance 1972). No Brasil ocorrem dez espécies sendo a maioria na Amazônia, uma no Cerrado e duas na Floresta Atlântica (Prance & Medeiros 2010).

1.1. **Tapura amazonica** Poepp. & Endl., Nov. Gen. Sp. Pl. 3: 41. 246 IIIA-H. 1842.

Figura 1

Árvores 3-10m alt., ramos jovens velutinos. **Folhas** elípticas a oblongas, 6,6-21x1,2-6,7cm, pecioladas; base arredondada a cuneada, margem revoluta, ápice arredondado ou agudo, mucronado, coriáceas, glabras na face adaxial e velutinas na abaxial; venação broquidódroma, nervuras secundárias 6-10 pares; pecíolo 4-22x1-3mm, canaliculado, glabrescente. **Glomérulos** inseridos na porção apical do pecíolo (5-)9-21mm diâm. **Flores** levemente zigomorfas; sépalas pubescentes 17-20mm compr., ápice obtuso; pétalas alvo-amareladas, 25-30mm compr.; estames 3, 4,2-5,6mm compr., estaminódios 2, filetes 4,4-5,5mm, anteras 0,49-0,7mm compr.; estigmas 0,63- 0,73mm, estilete 4,8-5,5mm, ovário súpero 3-locular. **Drupas**, amareladas quando maduras, 20-24mm compr., elipsóides a ovóides, densamente pubescentes; pirênios 1(2).

Espécie de ampla ocorrência, com registro em toda a região Norte do Brasil, além do Maranhão, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal. No Distrito Federal, em mata de galeria e cerradão. Flores de setembro a novembro, frutos de abril a julho.

Material selecionado: **APA Gama Cabeça de Veado**, VII.1995, *Nóbrega* 332 (IBGE, HEPH). **ARIE do Cerradão**, X.2008, *Silva* (UB). **Bacia do Rio São Bartolomeu**, XI.1980, *Heringer* 5692 (NY n.v.). **Chapada da Contagem**, X.1965, *Irwin* 9612 (UB, NY). **Fazenda Água Limpa**, XI.1994, *Walter* 2275 (HUEFS, IBGE,

INPA, UB). **Granja do Ipê**, V.2008, *Martins 886* (HEPH). **Jardim Botânico de Brasília**, XI.2006, *Zanatta 12* (UB). **Parque Boca da Mata**, V.1996, *Rezende 486* (CEN). **Parque do Gama**, VII.1964, *Duarte 8348* (UB). **Parque Olhos D'água**, X.2003, *Oliveira Filho 29* (UB). **Planaltina**, XII.1988, *Paula 3139* (UB). **Samambaia**, V.1996, *Rezende 486* (CEN). **Sobradinho**, XII.2000, *Paiva 90* (IBGE). **Vale do Amanhecer**, IX.1979, *Coradin 2421* (CEN).

São aceitas atualmente duas variedades, **Tapura amazonica** var. **amazonica**, de ampla distribuição, e **T. amazonica** var. **manausensis** Prance, restrita à região de Manaus.

Lista de exsicatas

Alves, M.A.: 71, 226; Azevedo, M.L.M.: 403; Boaventura, M.: 210; Coradin, L.: 2421; Cordeiro, I.: 1584; Duarte, A.P.: 8348; Equipe do Jardim Botânico de Brasília: 603; Heringer, E.P.: 934, 7375, 8891; Irwin, H.S.: 5323, 5691, 8759, 9612, 15875, 18154; Jesus, F.P.R.: 267; Kuhlmann, M.: 96; Lima, I.V.: 484; Martins, R.C.: 661, 886; Mendonça, R.C. & Pereira, B.A.S.: 892; Monteiro, P.P.: 22; Nitikman, L.Z.: 164, 165; Nóbrega, M.G.G.: 175, 194, 332, 333, 334, 562, 1043; Oliveira Filho, I.M.X.: 8, 29; Paiva, V.F.: 90; Paula, J.E.: 3139; Pereira, B.A.S.: 853, 2256; Pereira, E.: 904; Pires, J.M.: 9518; Ratter, J.A. 6530; Rezende, J.M.: 486; Santos, F.F.M.: 150, 187; Silva, J.S.: 603; Souza, E.N.F.: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13; Walter, B.M.T.: 2275; Zanatta, M.R.V.: 12.

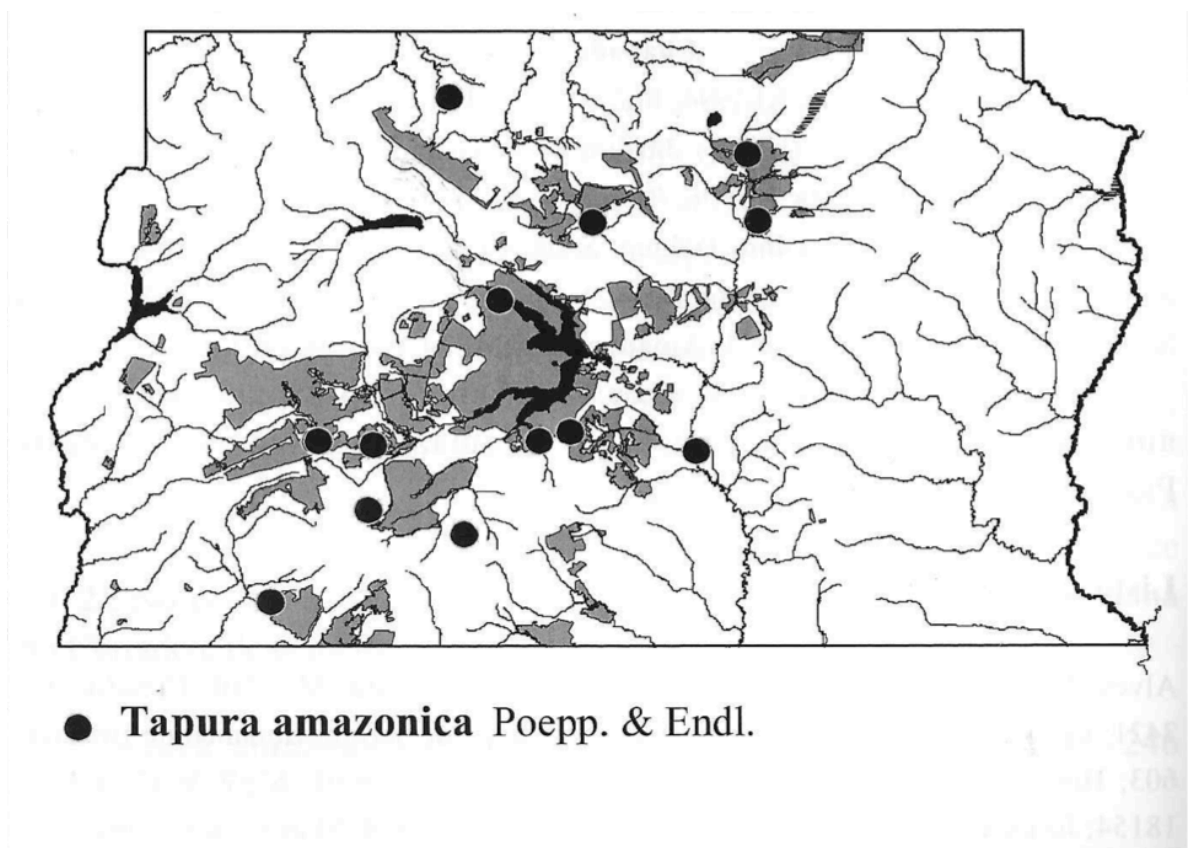


Figura 1. Distribuição de Dichapetalaceae no Distrito Federal, Brasil.

Capítulo II

Variação do contorno foliar de
Tapura amazonica
(Dichapetalaceae)

Resumo

A análise da morfometria foliar, feita pelo estudo das variações do contorno tem se mostrado uma ferramenta útil na distinção de grupos e separação de espécies. A família Dichapetalaceae de distribuição pantropical, tem a espécie *Tapura amazonica*, como sua principal representante no Bioma Cerrado, ocorrendo principalmente em Matas de Galeria, e com uma grande variação foliar. Duas variedades são aceitas atualmente, e se diferenciam por, além de diferenças em relação ao tamanho da planta e das folhas, pelo formato foliar. O contorno de folhas de 35 locais amostrados em parte de sua área de ocorrência foi obtido a partir dos coeficientes elípticos de Fourier. Uma análise de componentes principais, realizada na matriz de coeficientes obtida, resultou em cinco componentes principais, responsáveis por 95% da variação total. Uma análise de UPGMA e um gráfico de dispersão de PC1xPC2 indicaram a presença de 3 grupos foliares. Testes estatísticos de MANOVA, CVA e análise discriminante resultaram em diferenças significativas entre os grupos encontrados. Com as análises morfométricas, folhas pertencentes a variedade *manausensis* se mostraram como distintas da variedade *amazonica*, enquanto dentro desta última, dois grupos foram encontrados, com amostras geograficamente separadas, havendo no entanto uma pequena sobreposição entre eles.

Abstract

Leaf morphometric analysis, studied with the outline variation is a useful tool to make distinction among group population or species. In the Dichapetalaceae family, *Tapura amazonica* is the principal representant in the Cerrado biome, which occurs mainly on Matas de Galeria and shows a large leaf shape variation. Two varieties are currently accepted, and are distinguished by, in addition to differences in the size of the plant and leaves, the leaf shape. The leaf outline of 35 sites sampled in part of its range were obtained from the Elliptic Fourier Coefficients. A principal component analysis performed on the matrix of coefficients obtained, resulted in five main components and explained 95% of total variation. An analysis UPGMA and a scatter of PC1xPC2 indicated the presence of three leaf groups. Statistical tests of MANOVA, CVA and discriminant analysis resulted in significant differences between the groups. With morphometric analysis, the variety leaves belonging *manausensis* is shown as separate from the *amazonica* variety, whereas in the latter two groups were found with samples separated geographically, but there is little overlap between them.

Introdução

A família Dichapetalaceae, pertencente à ordem Malpighiales, possui 3 gêneros e cerca de 160 espécies com distribuição Pantropical e centro de diversidade na África (Prance 1972). No Brasil ocorrem três gêneros (*Dichapetalum*, *Stephanopodium* e *Tapura*) com 25 espécies, das quais 11 pertencem à *Tapura*.

A maioria das espécies de *Tapura* ocorrem exclusivamente na Amazônia; são exceções *Tapura amazonica* Poepp. & Endl. que também ocorre no bioma Cerrado e *Tapura folii* Prance e *T. wurdackiana* Prance que ocorrem na porção mais úmida da floresta atlântica, na chamada “hileia bahiana” que abrange o norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia (Forzza et al., 2010). *Dichapetalum* é exclusivo da Amazônia e *Stephanopodium* ocorre na Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo (Forzza et al. 2010)

No bioma Cerrado é registrada a presença de dois representantes dessa família, *Stephanopodium engleri* Baill e *Tapura amazonica*, sendo *Tapura amazonica*, uma espécie arbórea e encontrada em Matas de Galeria nos estados do Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Distrito Federal, Maranhão e Piauí. *Stephanopodium engleri* é encontrada em algumas localidades de Minas Gerais.

Atualmente, duas variedades de *T.amazonica* são reconhecidas no Brasil, *T. amazonica* var. *amazonica* Poepp. & Endl. e *T. amazonica* var. *manausensis* Prance (Prance e Medeiros, 2010). Até 1972, foram reconhecidas quatro variedades, baseadas em pequenas variações das folhas, mas hoje são aceitas apenas duas variedades, *T. amazonica* var *amazonica* e *T. amazonica* var *manausensis* (Prance 1972). Além de diferenças quanto a forma das folhas, as variedades se separam em relação ao tamanho das árvores (até 8m na variedade *amazonica* e até 30m na variedade *manausensis*) e no tamanho das folhas (6-25cm na variedade *amazonica* e 3-7cm na variedade *manausensis*). Neste caso, uma avaliação morfométrica da espécie poderia ser de grande utilidade para se delimitar mais claramente a distinção entre as variedades e verificar como se distribui essa variação na área de ocorrência.

O formato das folhas é uma característica muito importante para as plantas, passando pelos campos da taxonomia, ecologia, desenvolvimento e evolução. No entanto, muitas vezes as características foliares são pouco utilizadas

devido a dificuldade de classificação ou quantificação (Ray, 1992). No entanto, as características foliares podem ter maior valor quando comparados com características florais, se estas últimas apresentarem pouca variação, além de as folhas estarem disponíveis durante um período maior do ano, enquanto algumas espécies podem ter curtos períodos de floração (Jensen et al., 2002). Em muitos casos, a morfologia das folhas pode ser utilizada onde outras características das plantas não são muito informativas (Stace, 1989).

A descrição qualitativa de folhas, tais como o formato, tipo de base, ápice ou de margens é a forma mais comum de descrição desses órgãos na taxonomia. Além disso, a descrição quantitativa, tais como medidas de pecíolo, ou a razão comprimento/largura das folhas pode ser utilizada também para expressar sua forma. Características foliares, tais como tamanho ou forma, podem variar dentro ou entre populações, especialmente em espécies de ampla distribuição e ocorrência em locais ecologicamente diversos. Em alguns casos, é difícil uma clara distinção entre *taxa* devido a essas variações (McLellan, 2000). O uso de análises multivariadas para o estudo de variações e ou características biológicas já vem sendo utilizada a um bom tempo por sistematistas e evolucionistas (Gould e Johnston, 1972). Essa descrição quantitativa pode ser feita pelo uso da morfometria, analisando tanto o contorno das folhas (outline) ou suas medidas reais, e analisando como essas características se relacionam com a sua biologia (Rohlf, 1990).

As vantagens de se estudar a morfometria pela análise do contorno no lugar da análise multivariada tradicional, com a coleta de medidas e ângulos do objeto em estudo, envolvem não apenas uma boa base estatística para se detectar variações, como também uma melhor forma de se visualizar o resultado (Rohlf, 2003).

Novas técnicas e programas vem sendo desenvolvidos para se definir e analisar o contorno de formas biológicas, tais como folhas de plantas, asas de insetos ou em análises paleontológicas (Palmqvist, 1996). Dentre esses métodos, a análise elíptica de Fourier, descrita por Kuhl & Giardina (1982) se mostrou como uma ferramenta bastante útil em estudos com formas e contornos fechados. Essa análise consiste no uso de equações baseadas em trigonometria para a reconstrução exata da forma de uma maneira bidimensional (Palmqvist, 1996).

O uso de técnicas morfométricas para a distinção de grupos de organismos tem sido utilizada ultimamente, apresentando bons resultados. Diversos métodos

são descritos para tais estudos, como a morfometria tradicional, a morfometria geométrica ou a morfometria de análise de contornos (Jensen et al, 2002). O uso da morfometria geométrica requer a definição de landmarks, ou pontos de referência, o que muitas vezes pode apresentar alguma dificuldade. Dessa forma, o estudo morfométrico pela análise dos coeficientes elípticos de Fourier tem tido uma grande participação pois além da obtenção mais simples dos dados, facilitam a visualização da variação, e uma interpretação intuitiva mais fácil (M.Palmer et al, 2004).

A grande variação foliar encontrada em *Tapura amazonica* e a descrição feita por Prance (1972) na qual as duas variedades atualmente aceitas são diferenciadas por, além de outras características da planta, características associadas ao ápice e base foliar, indicam que o estudo da morfometria foliar pode ser útil na separação e verificação de variedades para a espécie. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação do contorno foliar de *Tapura amazonica* e verificar se é possível uma separação entre as variedades apenas pelo formato da folha.

Metodologia

Coleta e processamento das folhas

Foram analisadas 270 folhas procedentes de 35 sítios de coleta (Tabela 1). Foram amostrados 1 indivíduo de *Tapura amazonica* var *manausensis* e 69 indivíduos de *Tapura amazonica* var *amazonica* distribuídos ao longo de parte da área de ocorrência da espécie, correspondente a 60% da área em termos de longitude, e a 67% da área de ocorrência em termos de latitude. Para uma melhor visualização dos pontos, estes foram plotados em um mapa (Figura 1). Ramos coletados em campo foram prensados e tiveram suas folhas secas. Foram escolhidas de 5 a 10 folhas por indivíduo para análise. Foram coletados ramos estéreis, optando sempre por ramos com folhas sem danos ou deformações significativas e com pelo menos 5-6 folhas. A coleta dos ramos foi padronizada de forma a sempre escolher ramos localizados em sombra.

Além de coletas em campo, foram analisadas exsicatas presentes nos herbários CEN, HEPH, IBGE e UB, inclusive o holótipo e um isótipo de *Tapura ciliata* do herbário de Kew (K). Para realização dos estudos morfométricos, foram selecionadas exsicatas com folhas totalmente expandidas, localizadas do primeiro ao quinto nó do ramo, sem sinais de danos ou predação e mais afastadas das outras folhas presentes, visando facilitar seu isolamento com programas de edição de imagem. As folhas foram consideradas adultas ou totalmente expandidas de acordo com a pilosidade na face abaxial. Folhas jovens de *Tapura amazonica* apresentam um padrão de pilosidade mais denso, enquanto que folhas adultas perdem a pilosidade, sendo esparso-pilosas quase glabras.

Todas as folhas tiveram seus pecíolos excluídos visando evitar erros nos procedimentos morfométricos.

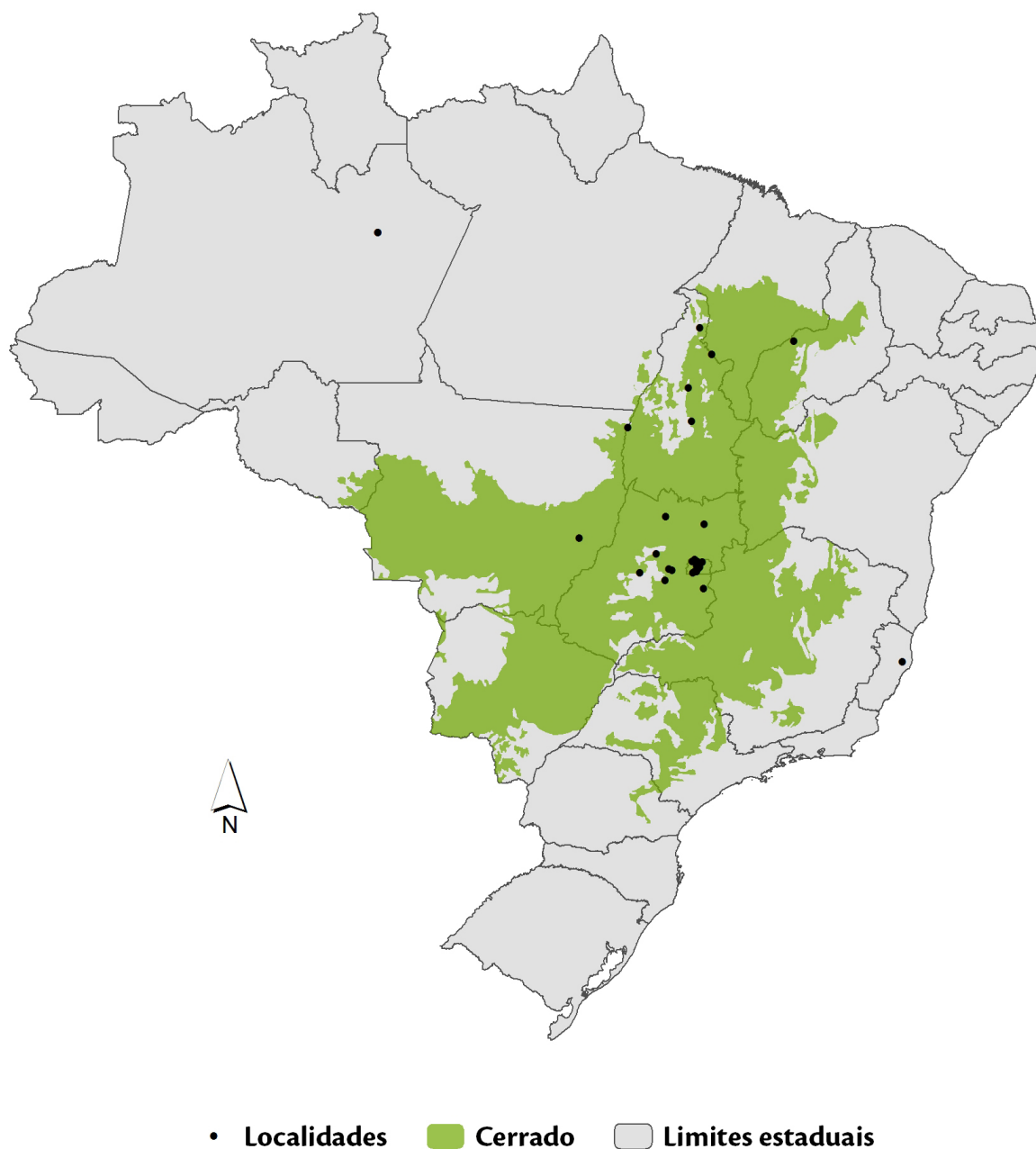


Figura 1. Mapa de distribuição das amostras analisadas das duas variedades de *Tapura amazonica*. Pontos com as coordenadas incompletas tiveram seus segundos assumidos como 0.

Obtenção das imagens

As fotos tiradas para análise foram feitas com uma máquina fotográfica digital da marca Sony, modelo DSC-H9 (Figura 2). As folhas foram posicionadas lado a lado em uma folha de papel juntamente com uma escala de 3x3cm para obtenção das imagens. Folhas proveniente de exsicatas foram fotografadas e recortadas com auxílio do programa GIMP para manipulação de imagens. As

imagens foram convertidas para formato .BMP e tratadas de forma a reduzir sombras indesejadas e pequenos defeitos ou buracos nas folhas, sem alterar seu contorno, ainda com auxílio do programa GIMP .

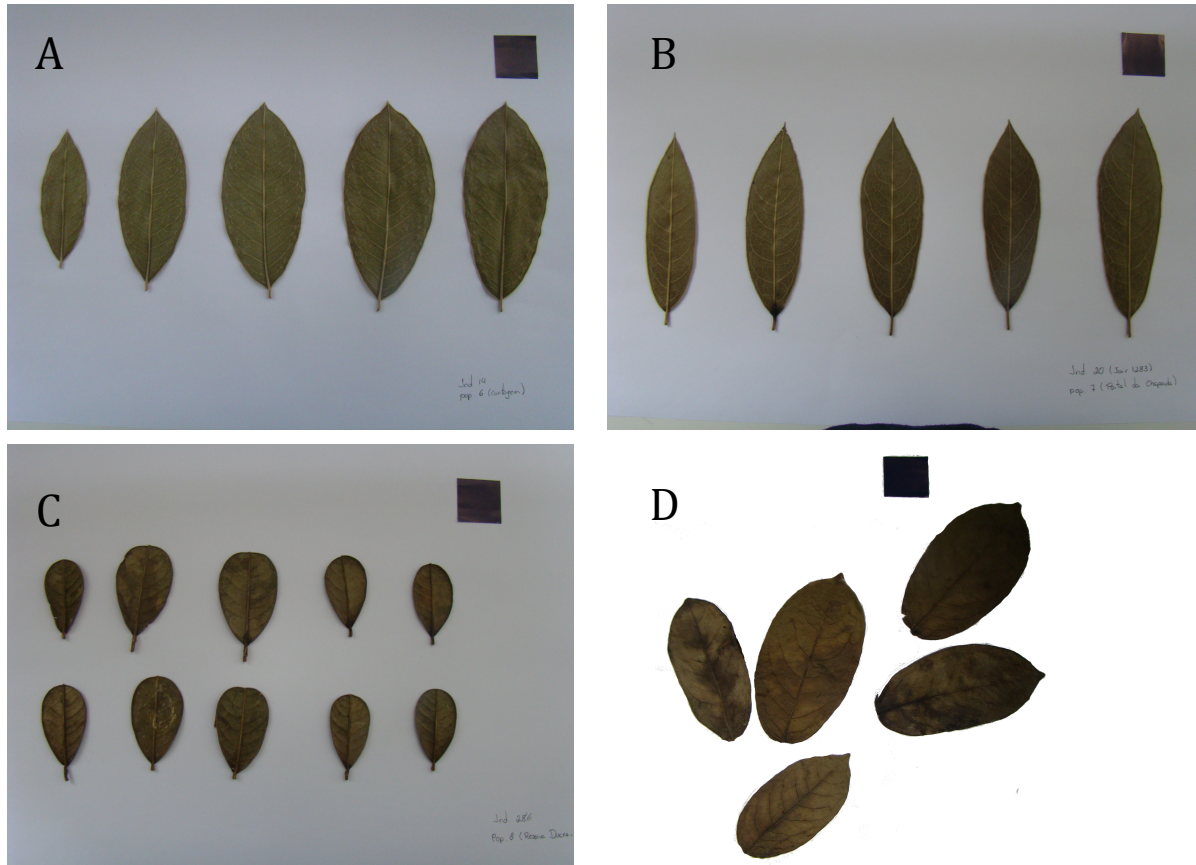


Figura 2. Imagens obtidas para realização do estudo morfométrico. A, B e D são folhas de *Tapura amazonica* var. *amazonica* e C ilustra as folhas de *Tapura amazonica* var. *manausensis*. As imagens A, B e C são referentes a amostras coletadas em campo, e D é uma prancha montada a partir de exsicata.

Tabela 1. Locais de origem das folhas analisadas e quantidade de folhas por localidade, organizados de acordo com a latitude .

Táxon	Localidade	Estado	Nº de Folhas	Latitude	Longitude
<i>T. amazonica</i> var <i>manausensis</i>	Reserva Ducke	AM	10	3,083333333	-60
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Reserva Ducke	AM	10	3,083333333	-60
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Dacimópolis	TO	4	6,713055556	47,75972222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Antônio Almeida	Piauí	3	7,219166667	-44,1975
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Goiatins	TO	2	7,703888889	47,31222222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	"norte de Goiás"	TO	4	8,944444444	48,42888889
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Tupirama	TO	5	8,972777778	48,18777778
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Serra do Lajeado	TO	4	10,26305556	48,08472222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Bananal	GO	1	-10,5	-50,5
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Natividade	TO	8	11,71166667	47,73055556
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Natividade	TO	3	11,71166667	47,73055556
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Estrela do Norte	TO	2	13,87805556	49,06694444
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Chapada dos Veadeiros	GO	30	14,16222222	47,59361111
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Xavantina	MT	9	14,68583333	52,33583333
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Santa Izabel	GO	4	15,29166667	-49,42
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	"Upper Araguaia"	MT	3	-	-

<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Apa de Cafuringa	DF	3	15,48083333	52,18972222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Fercal	DF	3	15,51305556	47,96638889
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Poço Azul	DF	10	15,58527778	-47,85
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Planaltina	DF	10	15,58972222	48,04694444
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Chapada da Contagem Jardim Botânico de Brasília	DF	10	15,61388889	47,66333333
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Parque Olhos D'água	DF	11	15,65722222	47,89222222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Paraná	DF	14	15,71416667	47,84083333
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Barragem do Paraná	DF	8	15,74194444	47,88472222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Arie do Cerradão	DF	3	15,785	47,76722222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Fundação ZooBotânica	DF	3	-15,785	47,78111111
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Goianópolis	DF	4	15,8027778	47,81666667
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Corumbá Mata do Monjolo- RECOR	DF	4	15,85166667	47,86388889
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Fazenda Água Limpa	GO	7	15,85166667	47,86388889
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	RECOR	GO	7	15,86055556	-48,95
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	RECOR IBGE	DF	2	15,92388889	48,80888889
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Parque do Gama	DF	7	15,94	47,87833333
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	RECOR IBGE	DF	22	15,95305556	47,96194444
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Parque do Gama	DF	25	15,95777778	47,88888889

<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Serra Dourada	GO	17	16,02305556	-	48,04083333
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Campo Limpo	GO	7	-16,2925	-	49,08222222
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Serra dos Cristais	GO	5	16,61916667	-	47,61694444
<i>T. amazonica</i> var <i>amazonica</i>	Linhares	ES	2	19,39111111	-	40,07222222

Análises morfométricas:

As imagens obtidas foram processadas utilizando o pacote computacional SHAPE 1.3 (Iwata & Ukai, 2002). Como etapa inicial, as imagens são convertidas em preto e branco, e então binarizadas para obtenção das coordenadas x,y resultantes do contorno das folhas. Nesta etapa, pequenas correções foram ser feitas para uma suavização de eventuais erros no contorno causadas por distorção da imagem. Ao final desse processo as coordenadas de todas as folhas foram salvas num arquivo "Chaincoder".

Ainda seguindo o pacote SHAPE 1.3, os dados obtidos no programa anterior foram normalizados de acordo com processos sugeridos por Kuhl & Giardina (1982), resultando nos Descritores Elípticos de Fourier (EFDs). Esta normalização é importante para que apenas o formato das folhas seja levado em consideração, desconsiderando por exemplo o tamanho ou a rotação dos objetos (Rohlf & Archie, 1984). Dessa forma, alguns coeficientes se tornam invariantes de acordo com o tamanho, rotação e ponto de início (Zhan e Wang, 2012). A normalização se baseou no tamanho e orientação da primeira harmônica.

Para a Análise Elíptica de Fourier um total de 20 harmônicas foram selecionadas, resultando em 77 coeficientes variáveis e 3 constantes, para cada folha amostrada. Diferentes números de harmônicas foram testadas (20, 25, 30), porém 20 se mostraram suficientes para a análise.

A reconstrução dos contornos foi analisada, descartando os que podem ter alguma alteração ou erro quando comparados com o objeto real.

Análises Estatísticas:

Para se reduzir o número de coeficientes, visando apenas os significativos e que influenciam na maior parte da variação do objeto foi feita uma Análise de Componentes Principais, ainda seguindo o pacote SHAPE na matriz de coeficientes obtida. Com esses componentes principais, o programa segue a análise fornecendo a reconstrução dos contornos, permitindo o acompanhamento do efeito de cada componente no formato final da folha.

Utilizando o programa estatístico PAST, foi construído um gráfico de dispersão dos componentes principais, técnica útil para se acompanhar a diferença encontrada entre as folhas além de verificar a abrangência da variação dentro de um grupo. Em um primeiro momento, foi analisado um gráfico de dispersão com

identificação das duas variedades atualmente aceitas para a espécie. Além disso, uma análise de agrupamento (UPGMA) foi realizada de forma preliminar, de forma a se verificar a formação de grupos, de acordo com a forma do contorno de cada folha. A partir dessa análise de agrupamento, as amostras foram separadas por cores de acordo com sua morfologia, para se prosseguir para as análises seguintes.

Como forma de se testar a separação entre os grupos encontrados, foram conduzidos utilizando o programa estatístico PAST testes de MANOVA e Análise Canônica da Variância para se verificar as distâncias entre os grupos, e ainda análise discriminante. Com a realização da MANOVA, comparações entre os pares de grupo foram realizadas por meio do teste de Hotelling.

Resultados

Análises morfométricas

A variação no formato das folhas foi descrita por 5 componentes principais, responsáveis por 95% da variação total (Tabela 2). O componente 1 foi responsável por 81,62% da variação total, estando relacionado com a largura das folhas. O componente 2 foi responsável por 5,65% da variação, estando relacionado com os formatos do ápice ou base das folhas, resultando em folhas com formatos ovados ou obovados. O componentes 3, 4 e 5 se relacionaram a variações no ápice das folhas, com 3,65%, 2,34% e 1,66% respectivamente. A variação referente aos 2 primeiros componentes principais é ilustrada na figura 2.

Tabela 2. 2

Componente	Autovalor	Proporção (%)	Cumulativo (%)
PC1	6,429738E-3	81,62	81,62
PC2	4,451864E-4	5,65	87,27
PC3	2,880365E-4	3,65	90,93
PC4	1,845057E-4	2,34	93,27
PC5	1,313970E-4	1,66	94,94

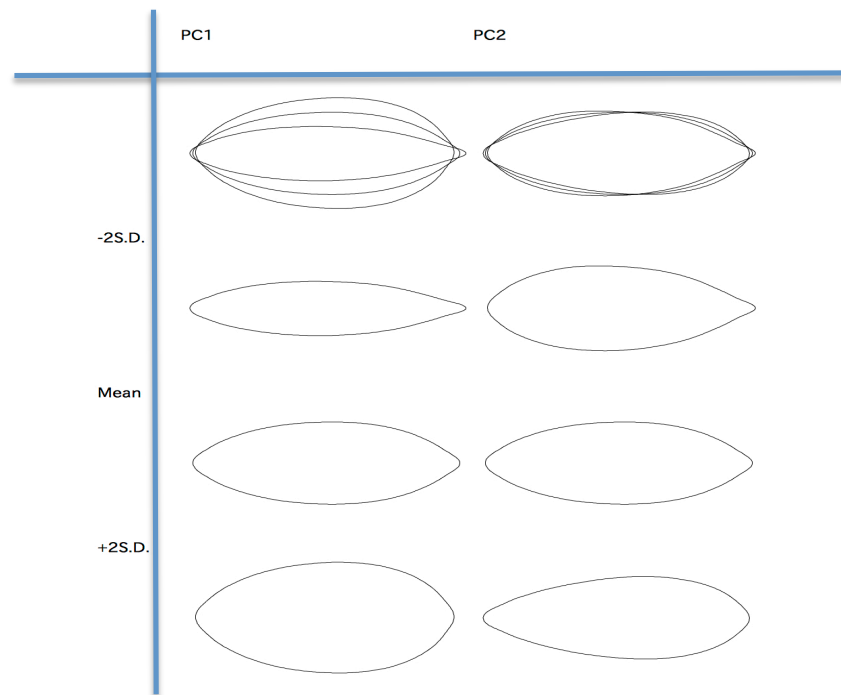


Figura 3. Reconstrução da variação dos contornos foliares dos componentes principais 1 e 2.

A análise da dispersão PC1xPC2 (Figura 4) mostra a presença de dois grupos distintos, identificados a priori, um com folhas pertencentes a variedade manausensis, e um grupo de folhas pertencentes a variedade amazonica, com ampla variação. Apesar da grande variedade de formas de contorno apresentada pela variedade amazonica, não foi possível verificar a presença, nesta primeira análise, de nenhum outro agrupamento que pudesse ser caracterizado como separado dos demais. Já as folhas pertencentes a variedade manausensis se mostraram formando um pequeno grupo sem haver sobreposição com as demais folhas analisadas da variedade amazonica.

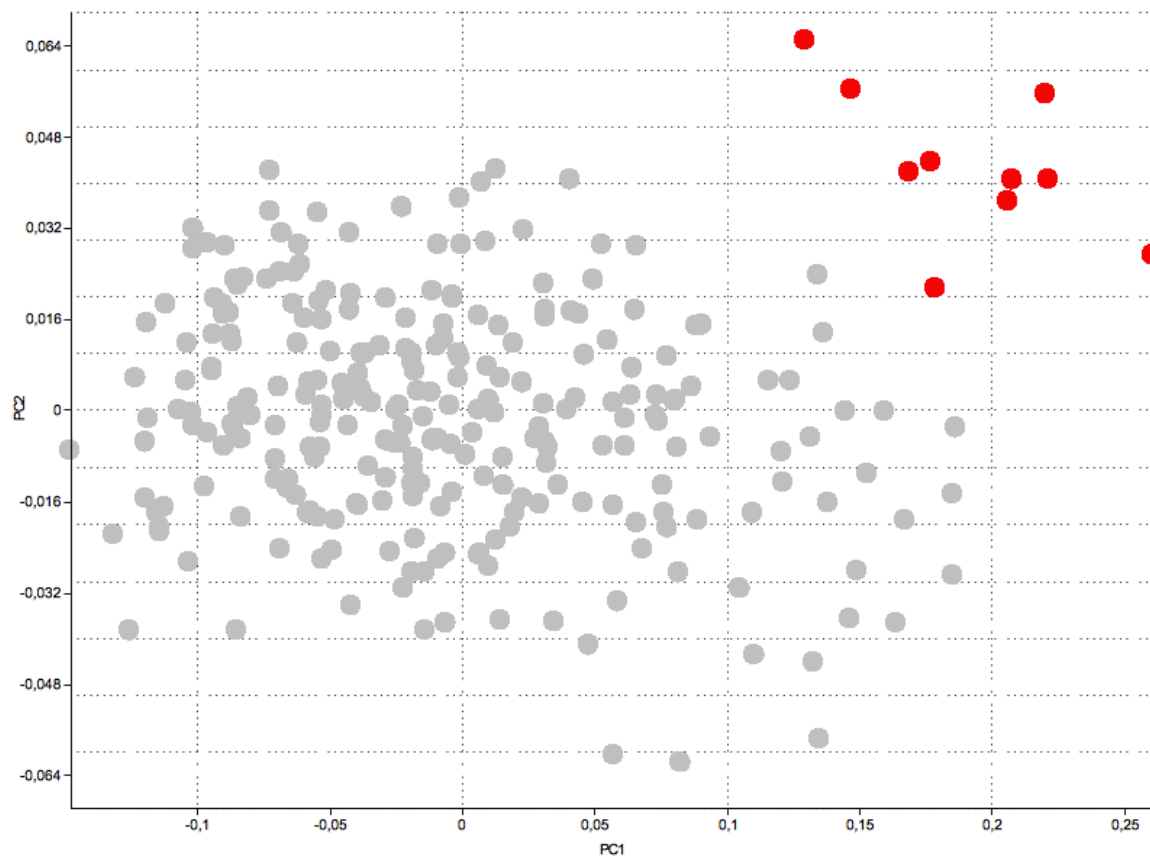
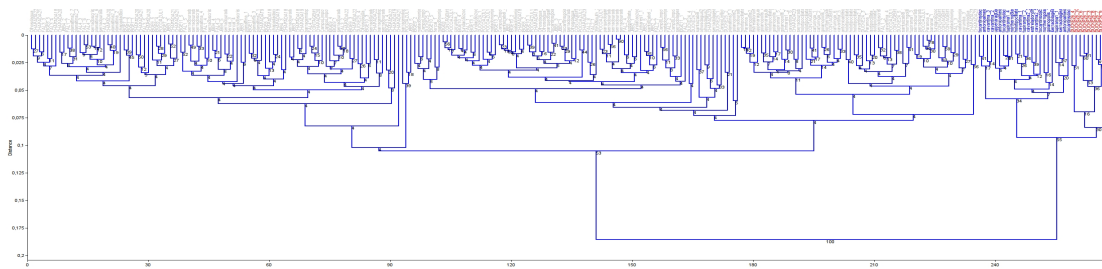


Figura 4. Gráfico de dispersão PC1xPC2. Pontos cinzas= *T. amazonica* var. *amazonica*. Pontos vermelhos= *T. amazonica* var. *manausensis*.

A análise de agrupamento resultou na formação de três grupos, divididos em 2 ramos principais. Um desses ramos continha folhas pertencentes às duas variedades, no entanto separadas e formando 2 agrupamentos, e no outro ramo apenas folhas da variedade amazonica, formando 3 agrupamentos porém com um menor suporte de acordo com a análise (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).



A

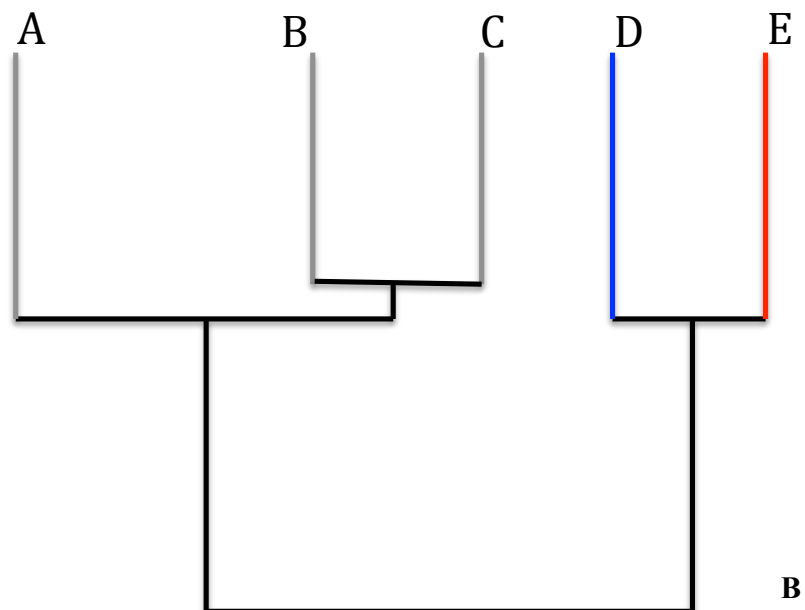


Figura 5. A= Análise de agrupamento (UPGMA) ilustrando os 3 grupos encontrados. Cores cinza e azul= *T. amazonica* var *amazonica*. Vermelho= *T. amazonica* var *manausensis*. B= representação da Análise de agrupamento. A, B e C se referem a variedade *amazonica* unidas em um único grupo devido ao baixo suporte da análise. D se refere a variedade *amazonica* separada das demais, e E se refere a variedade *manausensis*.

D e E

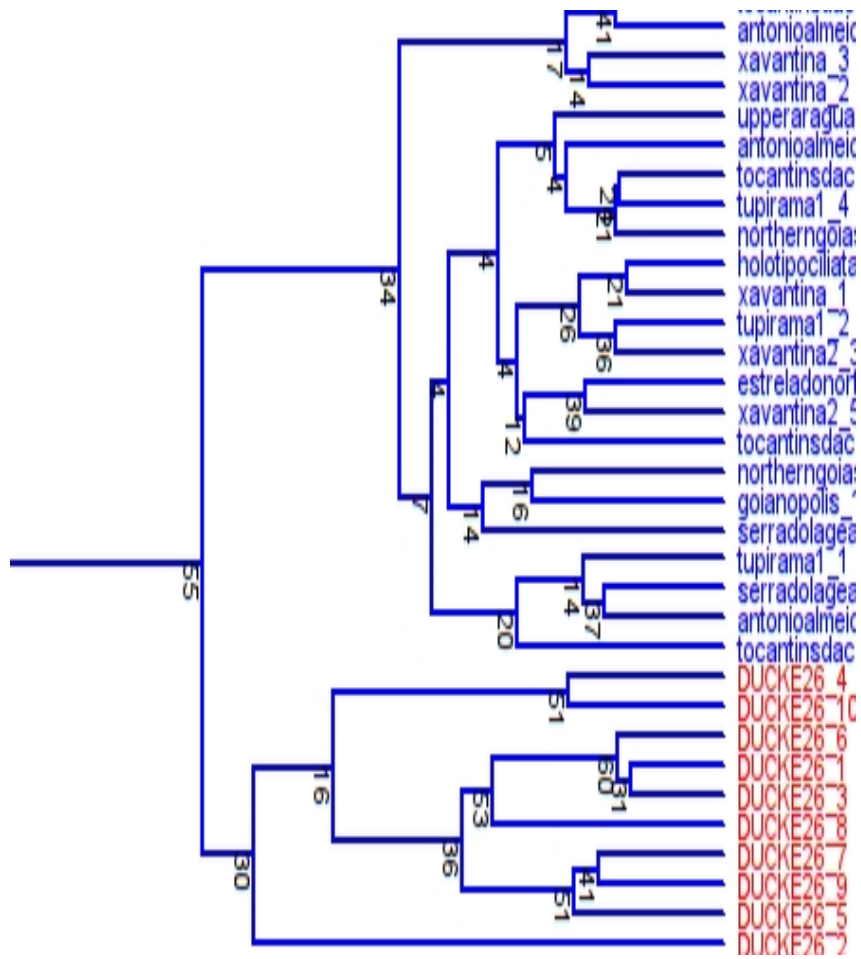


Figura 6. Detalhe da análise de agrupamento com os grupos D (azul) e E (vermelho). O grupo E se refere a variedade *manausensis*.

C

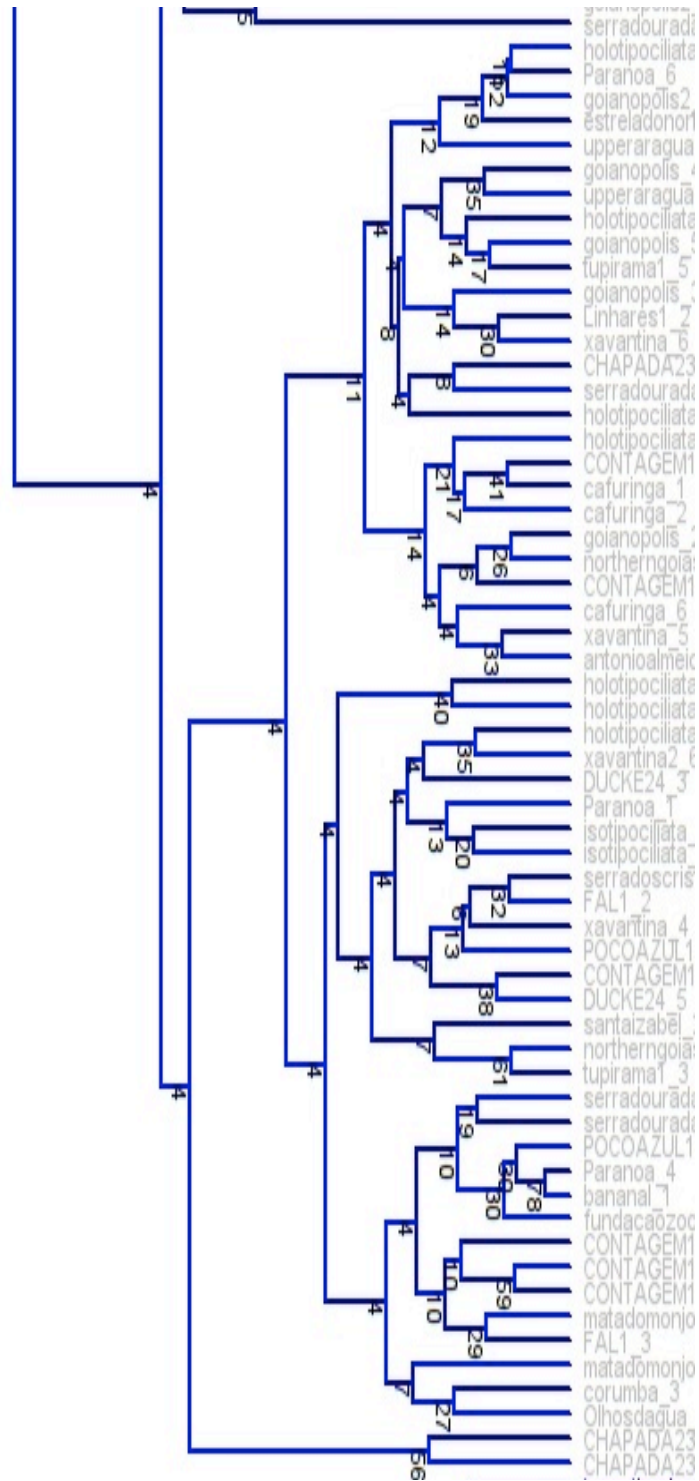


Figura 7. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo C.

B

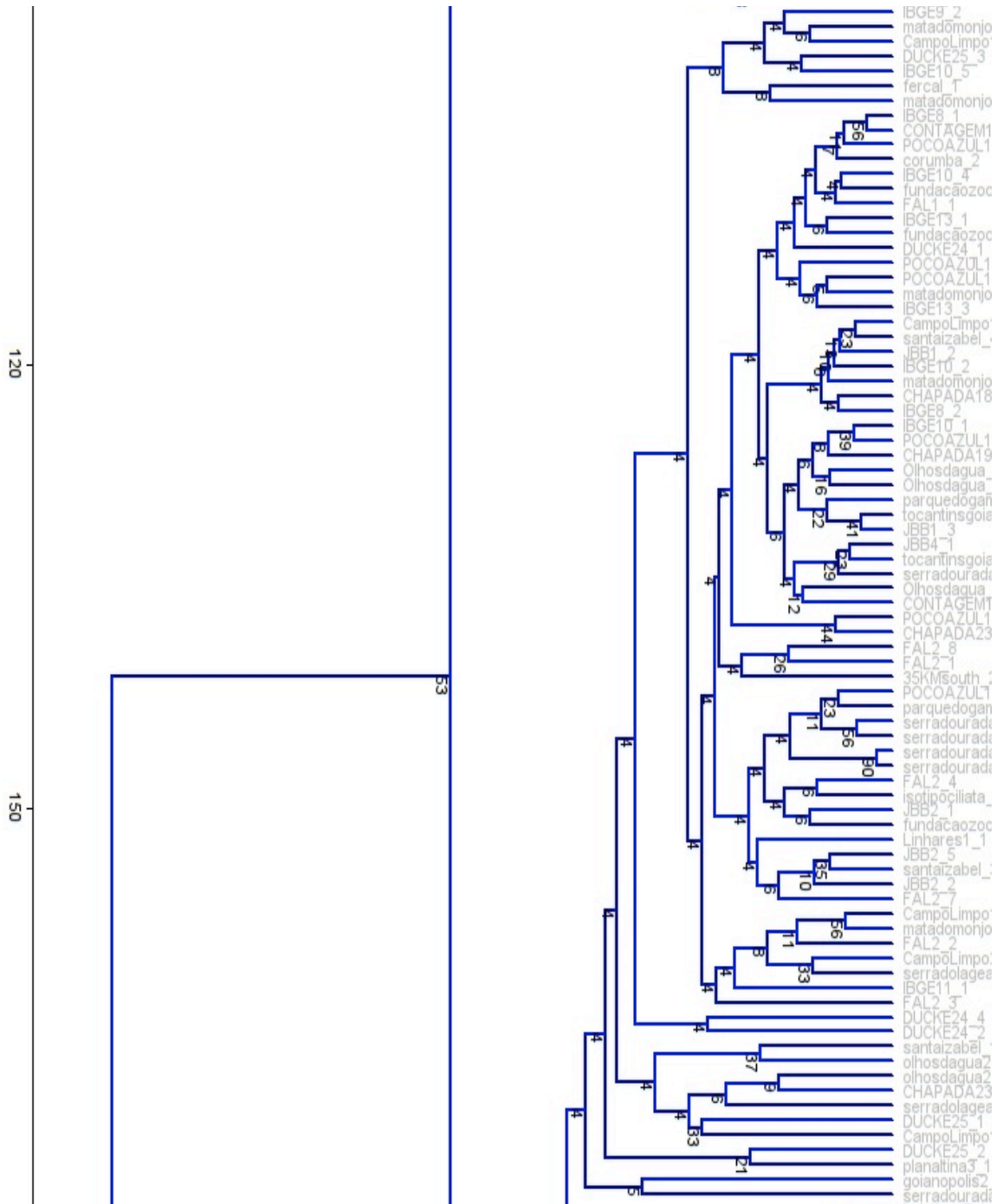


Figura 8. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo B.

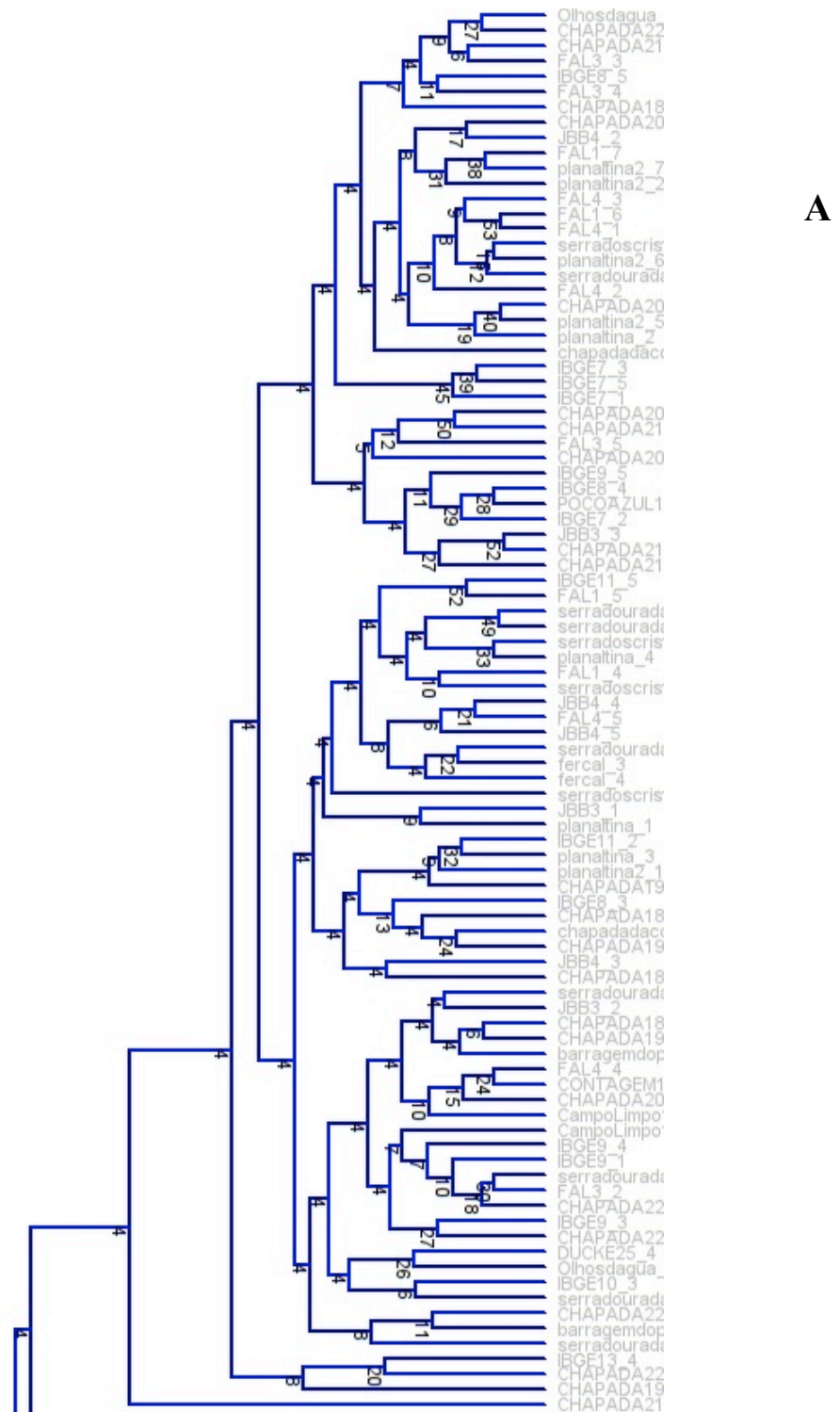


Figura 9. Detalhe da análise de agrupamento. Grupo A.

A identificação e separação desses grupos por cores possibilitou a visualização de três grupos em uma nova análise do gráfico de dispersão dos componentes principais (PC1xPC2). A identificação de cada folha amostrada, e a comparação com as demais presentes no mesmo agrupamento permitiu uma classificação de acordo com a morfologia do contorno, sendo denominados “morfotipos” (Figura 10 e 11).

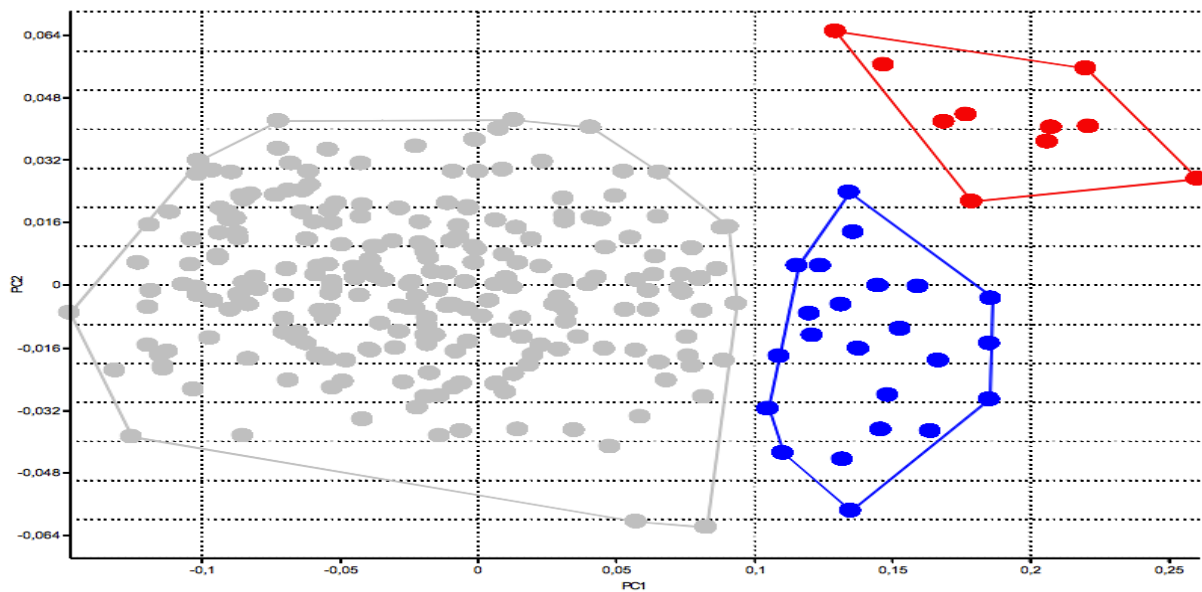


Figura 10. Gráfico de dispersão PC1xPC2, indicando os três grupos encontrados de acordo com análise de agrupamento. Cores cinza e azul= *T. amazonica* var *amazonica*. Vermelho= *T. amazonica* var *manausensis*.

O primeiro grupo é composto por folhas com maior largura do que as demais, apresentando ápice obtuso a cuspidado e base também obtusa. As folhas desse grupo possuem um formato com tendência para o oblongo. As folhas do segundo grupo, identificadas como pertencentes a variedade *manausensis*, são folhas de formato obovado, com base acunhada e ápice arredondado a pouco retuso. São folhas com largura maior que as demais. O terceiro grupo é formado por folhas mais estreitas, de forma elíptica, ovada ou obovada, com ápice agudo a cuspidado ou mais arredondados. As folhas deste último grupo, apesar de uma grande variedade de formas em relação ao contorno, não formaram grupos que pudesse se identificar maior distinção, nem na análise do gráfico de dispersão, nem na análise de agrupamento, sendo considerado então um grupo único.

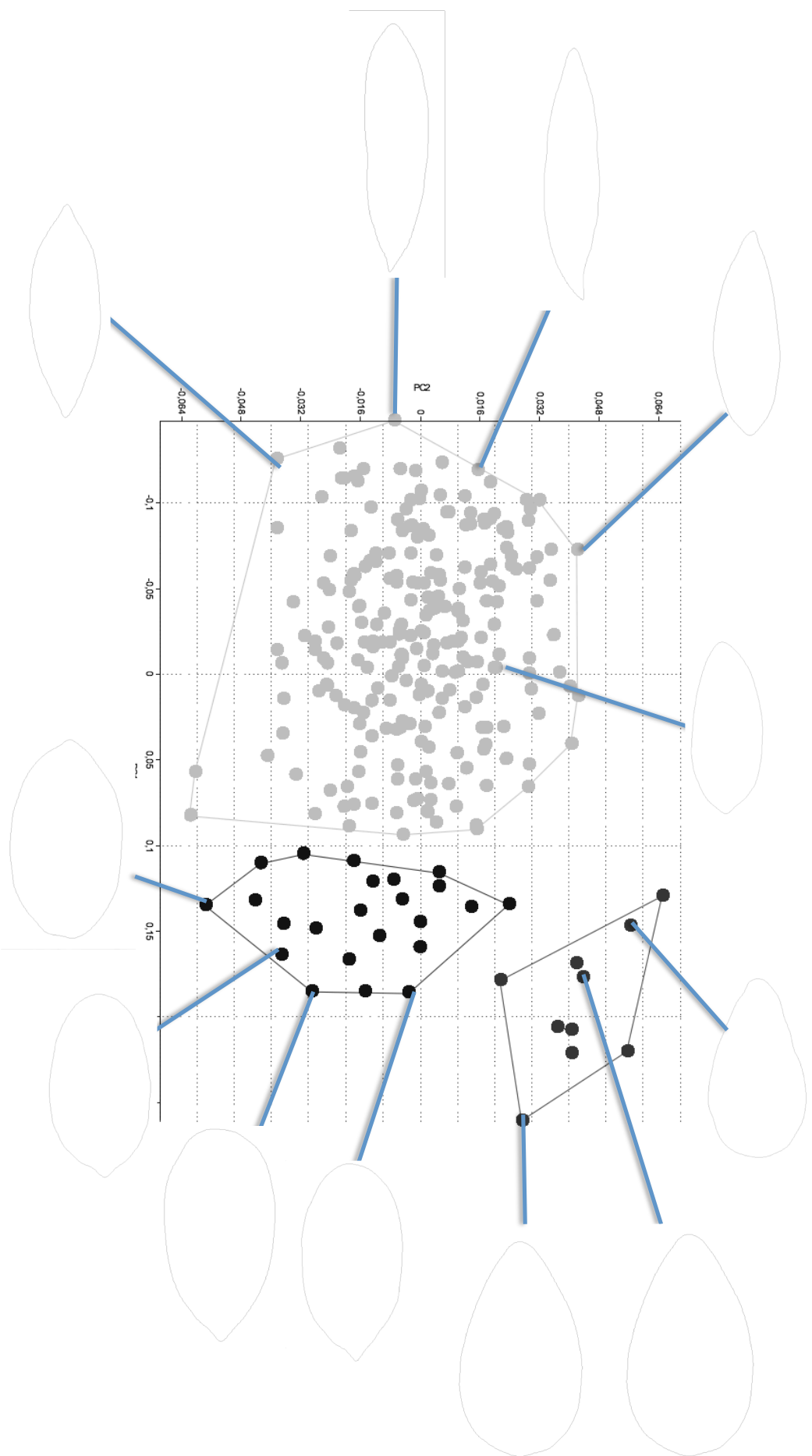


Figura 11. Gráfico de dispersão PC1xPC2 com variação no contorno foliar de algumas amostras

Análises estatísticas

A análise MANOVA feita entre os três grupos, referentes aos diferentes morfotipos apresentou valor de Wilks Lambda de 0,3156; $F=40,72$ e $p=3,271E-59$, indicando uma separação entre os grupos. A diferença entre os pares de grupo foi significativa de acordo com o Teste de Hotteling. O gráfico obtido pela CVA mostrou também uma separação entre os grupos (Figura 12). Os grupos 1 e 3, apresentaram uma maior distância em relação ao grupo 2, apesar de na análise de agrupamento feita anteriormente, na qual os grupos 1 e 2 foram apresentados em um mesmo ramo distinto dos demais.

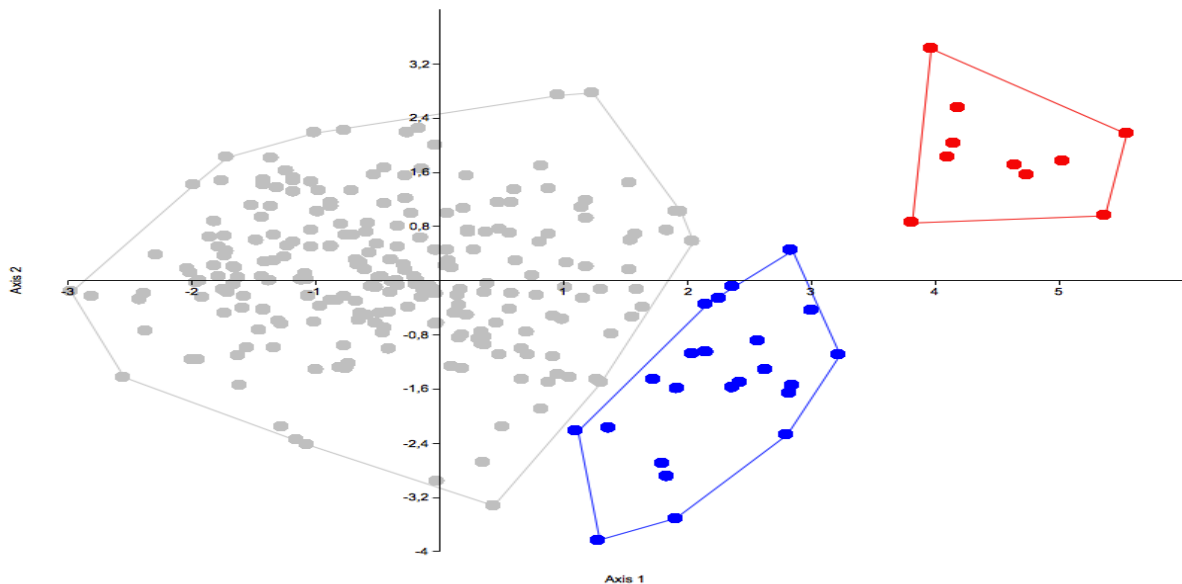


Figura 12. Gráfico de CVA realizado entre os 3 grupos. Cores cinza e azul= *T. amazonica* var *amazonica*. Vermelho= *T. amazonica* var *manausensis*.

A análise discriminante entre os grupos indicou uma separação apenas entre as folhas pertencentes a variedade manausensis e as demais da variedade amazonica, apresentando um valor de porcentagem correta de classificação de 99%. Análises entre os morfotipos da variedade amazonica contra as demais folhas do conjunto amostral apresentaram sobreposição entre os grupos (figura 12), apesar de um alto valor de porcentagem correta de classificação nos grupos 1 , de 90%, e 3 com 92,91%.

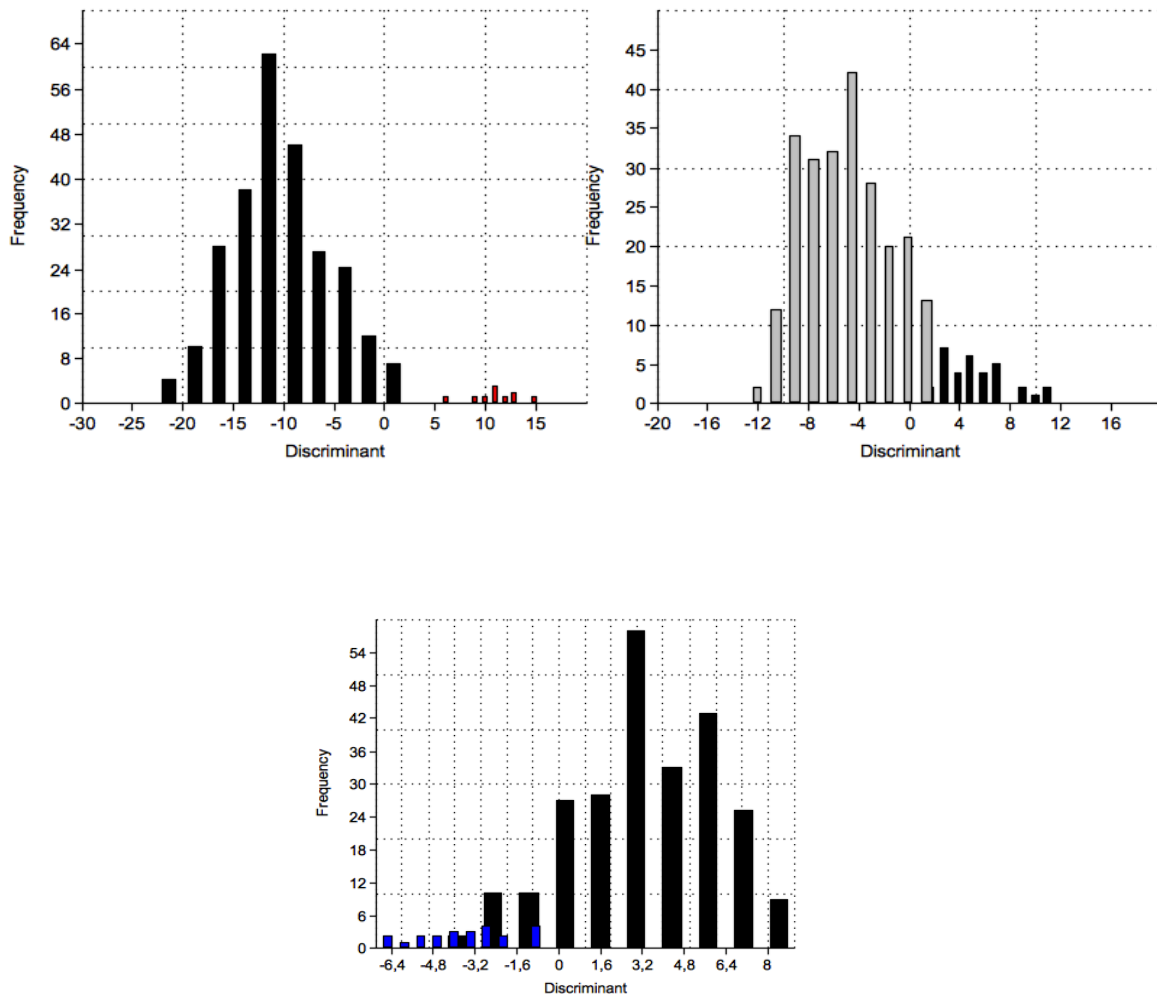


Figura 13. Análise discriminante entre os morfotipos encontrados. Azul=grupo 1, Cinza= grupo 3, Vermelho=grupo 2.

Discussão

Diferente do esperado, a análise de agrupamento indicou a presença de um ramo com folhas pertencentes as duas variedades aceitas atualmente. Esse resultado pode ser explicado pela presença de folhas de coletas de localidades como Serra do Lajeado, Norte de Goiás, Goianópolis, Tupirama, Dacinópolis, Antônio Almeida, Xavantina e Estrela do Norte, que apresentam um contorno com a porção apical mais larga (obtusa) do que as demais da variedade *amazonica*, no entanto, apresentam a porção mais próxima a base também obtusas, tendo um formato elíptico. *Tapura amazonica* var *manausensis* apresentou um ápice largo (obtuso), enquanto sua base é acunhada, resultando em um formato foliar obovado.

Apesar da presença desse grupo de folhas da variedade *amazonica* junto a variedade *manausensis*, folhas de um mesmo indivíduo foram posicionadas nos 2 grupos, revelando uma sobreposição entre eles, em termos geográficos, como é o caso das folhas de Xavantina, Tupirama, Norte de Goiás e Serra do Lajeado. Tal fato pode ser ainda o responsável pela maior proximidade observada entre os grupos 1 e 3 e pode ser explicada por ambas pertencerem a variedade *amazonica*. Apesar da presença de folhas desses indivíduos no grupo 3, este pode ser observado como um grupo muito diverso e com folhas de diferentes formas de contorno. A análise de agrupamento sugere a formação de 3 subgrupos distintos dentro do grupo 3, no entanto com baixo suporte, e as folhas dos indivíduos presentes no grupos 1 e 3 se localizam em apenas um dos 3 subgrupos, apresentando uma maior distância em relação às demais folhas de outros indivíduos, como pode ser observado ainda no gráfico obtido com a CVA.

Na análise de discriminação, apesar de observados sobreposição entre os grupos 1 e 3 nos gráficos, esta não ocorreu sobre toda a amostra do grupo, sendo observada em apenas uma região. Podemos afirmar que esta sobreposição se deva à folhas dos indivíduos presentes em ambos os grupos, como já citado acima. Este resultado sugere que pode haver uma separação dentro da variedade *amazonica*, no entanto, mais estudos são necessários para tal confirmação. Já as folhas pertencentes a variedade *manausensis* podem ser consideradas como um grupo distinto das demais, apresentando-se em um grupo único, sem sobreposição ou ocorrência de uma ou mais de suas folhas em outro grupo.

No entanto, Prance (1972) separa em sua obra a variedade *amazonica* e a variedade *manausensis*, além de características do tamanho da planta e da folha, por

características da porção apical das folhas, sendo a variedade *amazonica* com ápice obtuso a acuminado e a variedade *manausensis* apresentando ápice retuso a agudo. Neste estudo, verificou-se que as folhas pertencentes a variedade *manausensis* se diferenciou das demais devido ao formato de sua base foliar, e não de acordo com o ápice. Dessa forma, estudos com um maior número de folhas da variedade *manausensis*, com um maior número de indivíduos analisados, pode dar mais confiança a separação morfométrica entre as variedades de *Tapura amazonica*.

A variedade *amazonica*, apesar de não ter seus morfotipos válidos como critério para se dividir em novas variedades, aparentemente indica a formação de alguns grupos separados geograficamente, como as folhas do grupo 1, referentes a coletas principalmente do estado de Tocantins, norte de Goiás e Piauí, e folhas de coletas em regiões do Distrito Federal, presentes nos grupo 3. Estudos mais aprofundados são necessários para se entender a distribuição dessa variação pelas áreas de ocorrência da espécie.

REFERÊNCIAS

Forzza RC; Leitman PM; Costa AF; Carvalho Jr AA; Peixoto AL; Walter BMT; Bicudo C; Zappi D; Costa DP; Lleras E; Martinelli G; Lima HC; Prado J; Stehmann JR; Baumgratz JFA; Pirani JR; Sylvestre L; Maia LC; Lohmann LG; Queiroz LP; Silveira M; Coelho MN; Mamede MC; Bastos MNC; Morim MP; Barbosa MR; Menezes M; Hopkins M; Secco R; Cavalcanti TB; Souza VC. 2010. Introdução. *In* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Gould SJ, Johnston RF. 1972. Geographic variation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 3:457-498.

Hammer, Ø; Harper, D.A. & Ryan, P.D. 1995. PAST - Palaeontological Statistics, ver. 1.34. Kluwer Academic Publishers. 66p

IWATA, H. & UKAI, Y. 2002. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *J. Heredity*, **93**: 384-385.

Jensen, J.R.; Kristen, M.C. Miramontes, L.C. 2002. Lines, outlines and landmarks: Morphometric Analyses of leaves of *Acer rubrum*, *Acer saccharinum* (Araceae) and their hybrid. *Taxon*. 51(3):475-492.

Kuhl FP., Giardina CR. 1982. Elliptic Fourier features of a close contour. *Comp. Graph. Image Proc.* 18: 259-278.

McLellan T. 2000. Geographic variation and plasticity of leaf shape and size in *Begonia dregei* and *B. homonyma* (Begoniaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 132: 79–95.

Palmer, M.; Pons, G.X.; Linde, M. 2004. Discriminating between geographical groups of a mediterranean commercial clam (*Chamelea gallina* (L.): Veneridae) by shape analysis. *Fisheries Research*. 67, 93-98

Palmqvist P, Pères-Claros JA. 1996. Comparative Morphometric Study of a Human Phalanx from the Lower Pleistocene Site at Cueva Victoria (Murcia, Spain), by means of Fourier Analysis, Shape Coordinates of Landmarks, Principal and Relative Warps. *Journal of Archaeological Science* 23, 95–107

Prance GT. 1972. Monograph of Dichapetalaceae. *Flora Neotropica* 10: 1-84.

Prance GT, Medeiros H. 2010. *Dichapetalaceae in Forza et al*, Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Ray TS. 1992. Landmark Eigenshape Analysis: Homologous Contours: Leaf shape in Syngonium (Araceae). *Amer. J. Bot.*, 79(1): 69-76.

Rohlf, F.J. & Archie, J.W. 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Syst. Zool.*, 33(3): 302-317.

Rohlf FJ. 1990. Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 21: 299-316.

Rohlf FJ. 2003. Bias and error in estimates of mean shape in geometric morphometrics. *J. Hum. Evolution*, 44: 665-683.

Stace, C.A. 1989. Plant taxonomy and biosystematics. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 264p.

Zhan Q.B.; Xin L.W. 2012. Elliptic Fourier Analysis of the wing outline shape of five species of antlion (Neuroptera: Myrmeleontidae: Myrmeleontini). *Zoological Studies* 51 (3): 399-405.

Capítulo III

**Análise da variação do contorno
foliar de *Tapura amazonica*
(Dichapetalaceae) em diferentes
faixas de altitude.**

Resumo

Variações foliares ou em outras estruturas das plantas podem estar associadas a variações condições ambientais diversas, causadas por exemplo por diferenças de altitudes associadas a diferenças de temperatura. No bioma Cerrado, as diferentes características de solo, disponibilidade de água entre outros fatores pode contribuir para uma plasticidade fenotípica de espécies com ampla distribuição. A espécie *Tapura amazonica* var *amazonica* apresenta uma grande distribuição, ocorrendo principalmente em matas de galeria, e possui uma grande variação foliar. Estudos da morfometria do contorno de folhas de *Tapura amazonica* var *amazonica*, com os coeficientes elípticos de Fourier, e a identificação de amostras de 35 localidades, presentes em três faixas altitudinais (0-500m, 500-900m e 900-1200m) identificadas como possíveis delimitadoras de centros de diversidade no Cerrado, resultaram em diferenças significativas entre os grupos, pelos testes de MANOVA, CVA e análise discriminante. Análise de correlação espacial mostrou como significativa a relação entre o formato do contorno foliar e a altitude. Uma Análise de componentes principais realizada na matriz de coeficientes obtida, resultou em 94% da variação total foliar, sendo a razão foliar (relação entre comprimento e largura das folhas) a principal responsável pela variação total, como encontrado também em estudos com as duas variedades da espécie. Amostras de menor altitude apresentaram dois grupos distintos em uma análise de UPGMA, sendo um grupo com uma menor razão foliar e outro com razão foliar maior, semelhante a amostras de elevada altitude, que apresentaram apenas folhas com razão foliar maior. Como em estudos anteriores, o grupo de menor altitude, e menor razão foliar é geograficamente separado dos demais, no entanto mais estudos são necessários para se verificar se este grupo pode ser considerado uma nova variedade.

Abstract

Leaf variations or variations on other plant structures may be associated with diverse environmental conditions, for example caused by differences in the altitudes or associated to temperature differences. In Cerrado, the different characteristics of soil, water availability and other factors may contribute to phenotypic plasticity of species with wide distribution. The species *Tapura amazonica* var *amazonica* has a wide distribution, occurring mainly in 'Matas de Galeria', and shows a large leaf variation. Studies of the outline leaf shape of *Tapura amazonica* var *amazonica*, with elliptical Fourier coefficients, using samples from 35 sites present in three altitudinal zones (0-500m, 500-900m and 900-1200m) resulted in significant differences between the groups when tested with MANOVA, CVA and discriminant analysis. Linear correlation analysis showed as significant the correlation between the contour shape of the leaf and altitude. A principal component analysis performed on the matrix of coefficients obtained, resulted in 94% of the total leaf variation, with the leaf width mainly responsible for leaf total variation, as showed previously in studies with the two varieties of the species. Samples of lower altitude showed two distinct groups in a UPGMA analysis, one group with wider leaves and other with narrower leaves, similar to the high altitude samples, only with narrower leaves. As in previous studies, the group of lower altitude, and wider leaves is geographically separated from the others, however further studies are needed to see if this group can be considered a new variety.

Introdução

A família Dichapetalaceae, de distribuição Pantropical, possui cerca de 160 espécies com o centro de diversidade na África (Prance 1972). No Brasil ocorrem três gêneros (*Dichapetalum*, *Stephanopodium* e *Tapura*) com 25 espécies, das quais 11 pertencem à *Tapura*.

No bioma Cerrado, *Tapura* é seu principal representante. Apesar de ocorrer apenas a espécie *Tapura amazonica*, esta possui uma grande distribuição, ocorrendo principalmente em Matas de Galeria, e algumas vezes em Matas Secas e Cerradões. A maioria das espécies de *Tapura* ocorrem exclusivamente na Amazônia, no entanto, espécies como *Tapura folii* Prance e *T.wurdackiana* Prance ocorrem na porção mais úmida da floresta atlântica, na chamada “hileia bahiana” que abrange o norte do Espírito Santo e o Sul da Bahia (Forzza et al, 2010). *Dichapetalum* é exclusivo da Amazônia e *Stephanopodium* ocorre na Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo (Forzza et al. 2010)

No bioma Cerrado é registrada a presença de 2 representantes dessa família, sua distribuição envolve os estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Distrito Federal, Maranhão e Piauí. Atualmente, duas variedades de *T.amazonica* são reconhecidas no Brasil, *T.amazonica var amazonica* e *T.amazonica var manausensis* (Prance e Medeiros, 2010), no entanto, *T.amazonica var manausensis* possui distribuição restrita a região de Manaus. Estudos anteriores mostram a presença de uma grande variação no contorno foliar de *Tapura amazonica*, sem apresentar no entanto uma clareza quanto a distribuição geográfica ou separação de grupos distintos dessa variação, exceto em relação a amostras provenientes do Tocantins e Piauí (Capítulo II).

O uso de técnicas morfométricas para a distinção de grupos de organismos tem sido utilizada ultimamente, como a morfometria tradicional, a morfometria geométrica ou a morfometria de análise de contornos, apresentando bons resultados. (Jensen et al, 2002). O estudo morfométrico pela análise dos coeficientes elípticos de Fourier tem sido uma grande contribuição pois além da obtenção mais simples dos dados, facilitam a visualização da variação sua interpretação (M.Palmer et al, 2004).

Estudos morfométricos do contorno tem atuado na discriminação de espécies ou populações dos mais diversos organismos, desde plantas a animais como peixes, insetos ou moluscos (Jensen et al, 2002; Palmer et al, 2004; Benavides et al, 2010;

Zhan e Wang, 2012). Os estudos de contorno foliar por Análise Elíptica de Fourier tem se mostrado como uma alternativa mais simples e efetiva para se estimar a variação fenotípica entre os grupos (Benavides et al, 2010). A associação entre os estudos morfométricos e estudos com marcadores moleculares (Olsson et al, 2002, Andrade et al., 2008) pode ajudar na distinção entre grupos ou populações.

O Bioma Cerrado, de ocorrência contínua no Planalto Central do Brasil, e de forma disjunta em outras regiões apresenta fisionomias de sua vegetação separadas em formas florestais, savânicas e campestres, com uma estação seca bem definida e características de solo, composição mineiral e disponibilidade de água com grande variação. A presença dessas variações e das diferentes características das fitofisionomias podem contribuir para uma plasticidade fenotípica de suas espécies vegetais (Fuzeto e Lomônaco, 2000).

Além da variedade fitofisionômica, pressões exercidas por outros biomas ou barreiras climáticas favorecem a formação de centros de diversidade no Cerrado. Castro (1994), analisando levantamentos da flora lenhosa nos estados do Piauí e São Paulo encontrou que cotas altimétricas de 400-500m e 900-1000m podem atuar como delimitadoras desses centros. Cerca de 50% do bioma Cerrado se encontra em altitudes entre 300-600m, enquanto apenas uma pequena parte (aproximadamente 5%) se encontra em altitudes maiores que 900m. Neste último caso, temos a região da Chapada dos Veadeiros, com a altitude máxima do bioma (1600m) (Ribeiro e Walter, 2008 in Sano et al., 2008)

Variações altitudinais, aliadas a condições ambientais diversas, como diferenças de temperatura, podem favorecer a plasticidade fenotípica em algumas espécies (Pluess et al., 2012). Em alguns casos, essa plasticidade fenotípica pode estar associada a diferenças genéticas entre populações, podem ocorrer apenas devido a fatores ambientais (plasticidade morfológica), ou ser uma combinação entre todos esses aspectos, como mostra Gurevitch (1988) em estudos com *Achillea millefolium* em um gradiente altitudinal. Jonas e Gerber (1999) discutem que diferenças morfológicas podem ter maior apoio genético, enquanto variações fisiológicas das espécies podem ter uma maior influência dos fatores ambientais, fato também discutido em estudos com *Metrosideros polimorpha*, no qual o tamanho das folhas, pecíolos e dos espaços entrenós diminuía de tamanho quando ocorria uma elevação da altitude (Cordel et al., 1998).

As formações florestais do Bioma Cerrado podem ter tido origem em processos climáticos e espaciais, que resultaram em processos de expansão e retração das

florestas úmidas ou secas, como a Floresta Amazônica (Ribeiro e Walter, 2008). Este processo pode ser o responsável pelo compartilhamento de espécies entre os biomas, como é o caso da espécie *Tapura amazonica*.

Este trabalho teve como objetivo verificar a variação do contorno foliar de *Tapura amazononica* var *amazonica* em diferentes faixas de altitude, pelo uso das análises dos coeficientes elípticos de Fourier.

Metodologia

Coleta e processamento das folhas

Foram analisadas 242 folhas referentes a 35 sítios de amostragem (Figura 1), distribuídos ao longo da área de ocorrência da espécie, principalmente no bioma Cerrado, com algumas coletas oriundas da Amazônia, ou de áreas de transição, e uma coleta oriunda da Mata Atlântica (Linhares-ES). Ramos coletados em campo foram prensados e tiveram suas folhas secas sob pressão (herborizadas). Foram escolhidas de 5 a 10 folhas por indivíduo para análise. Foram coletados ramos estéreis, optando sempre por ramos com folhas sem injúrias e com pelo menos 5-6 folhas. Os ramos coletados estavam sempre em região de sombra, e foram analisadas folhas do primeiro nó (mais apical) ao quinto nó, como forma de padronização.

Além de coletas em campo, foram analisadas exsicatas presentes nos herbários UB, CEN, IBGE e HEPH, além de imagens obtidas nos herbário K por meio virtual. Para realização dos estudos morfométricos, foram selecionadas exsicatas com folhas totalmente expandidas, sem sinais de danos ou predação e mais afastadas das outras folhas presentes. As folhas foram consideradas adultas ou totalmente expandidas ao se observar a pilosidade na face abaxial. Folhas jovens de *Tapura amazonica* apresentam um padrão de pilosidade mais denso, enquanto folhas adultas perdem um pouco da pilosidade, podendo chegar quase à uma ausência de pelos.

Todas as folhas tiveram seus pecíolos excluídos visando evitar erros nos procedimentos morfométricos.

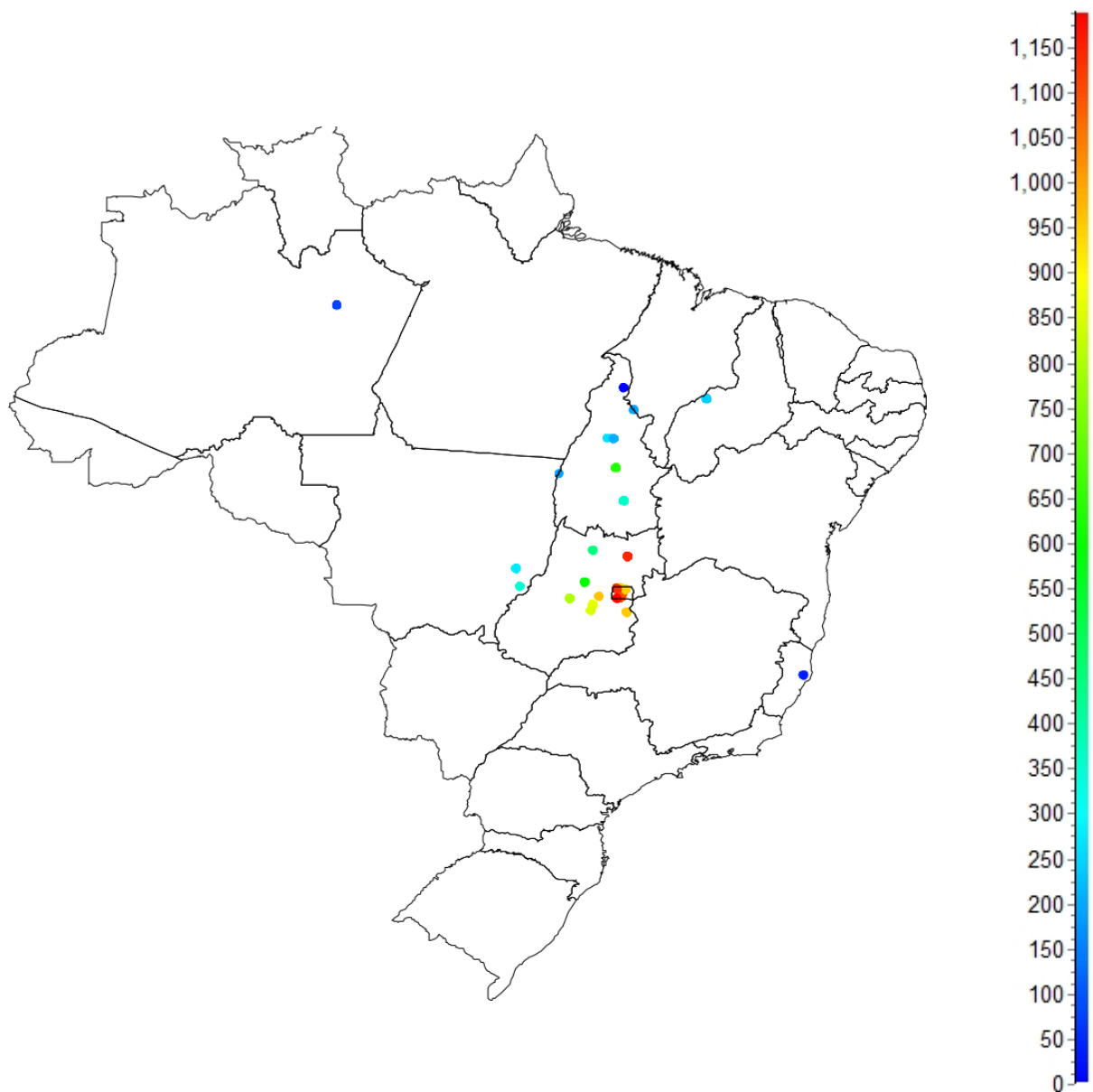


Figura 1. Mapa de distribuição das amostras analisadas de *Tapura amazonica*. Cores estão associadas com diferenças de altitude.

Obtenção das imagens

As fotos obtidas para análise foram feitas com uma máquina fotográfica digital da marca Sony, modelo DSC-H9. As folhas foram posicionadas lado a lado em uma folha de papel juntamente com uma escala de 3x3cm. Folhas proveniente de exsicatas foram fotografadas e recortadas com auxílio do programa GIMP para manipulação de imagens. As imagens foram convertidas para formato .BMP e tratadas de forma a reduzir sombras e pequenos defeitos ou buracos nas folhas, sem alterar seu contorno.

Análises morfométricas:

As imagens coletadas foram processadas utilizando o pacote computacional SHAPE 1.3 (Iwata & Ukai, 2002). Como etapa inicial, as imagens são convertidas em preto e branco, e então binarizadas para obtenção das coordenadas x,y resultantes do contorno das folhas. Ao final desse processo as coordenadas de todas as folhas foram salvas num arquivo "Chaincoder".

Ainda seguindo o pacote SHAPE 1.3, os dados obtidos no programa anterior foram normalizados de acordo com processos sugeridos por Kuhl & Giardina (1982), resultando nos Descritores Elípticos de Fourier (EFDs). Esta normalização é importante para que apenas o formato das folhas seja levado em consideração, desconsiderando por exemplo o tamanho ou a rotação dos objetos (Rohlf & Archie, 1984). Dessa forma, alguns coeficientes se tornam invariantes de acordo com o tamanho, rotação e ponto de início (Zhan e Wang, 2012). A normalização se baseou no tamanho e orientação da primeira harmônica. Um total de 20 harmônicas foram selecionadas para a Análise Elíptica de Fourier, resultando em 77 coeficientes variáveis e 3 constantes, para cada folha amostrada. Quanto maior o número de harmônicas, maior o nível de detalhes e maior aproximação com o objeto real. Análises realizadas com diferentes números de harmônicas (20, 25, 30, 40) mostraram que 20 harmônicas forneciam um contorno mais próximo ao real, sem perder detalhes. Com o pacote SHAPE 1.3 é possível acompanhar a reconstrução dos contornos, descartando os que podem ter alguma alteração ou erro quando comparados com o objeto real.

Análises estatísticas

Para se reduzir o número de coeficientes, visando apenas os significativos e que influenciam na maior parte da variação do objeto foi feita uma Análise de Componentes Principais na matriz de coeficientes gerada pelo programa SHAPE. Com esses componentes principais, o programa segue a análise fornecendo a reconstrução dos contornos, permitindo o acompanhamento do efeito de cada componente no formato final da folha.

Dados referentes aos contornos foliares foram classificados de acordo com a altitude do local de origem de cada amostra. Foram definidas três faixas, identificadas pelos números 1-3 e por cores distintas, visando facilitar a visualização dos resultados nos gráficos (Tabela 1). As linhas de corte de 500 e 900 metros foram baseadas no

estudo de Castro (1994) que identificou essas cotas altimétricas como delimitadoras de centros de diversidade vegetal no Cerrado.

Tabela 1. Faixas de altitude e número de amostras provenientes de cada faixa estudada.

Grupo	Faixa de Altitude	Número de amostras
Baixa Altitude	0-500m	57
Média Altitude	500-900m	39
Elevada Altitude	900-1200m	157

Utilizando o programa estatístico PAST, foi construído um gráfico de dispersão dos componentes principais, técnica útil para se acompanhar a diferença encontrada entre as folhas além de verificar a abrangência da variação dentro de um grupo. A partir desse gráfico, é possível acompanhar, deslocado-se ao longo dos eixos, a variação causada pelos componentes principais evidenciados, auxiliando na identificação e visualização da variação entre os grupos.

Como forma de se testar a separação entre os grupos encontrados, foram conduzidos utilizando o programa estatístico PAST testes de MANOVA e Análise Canônica da Variância para se verificar as distâncias entre os grupos, e ainda análise discriminante. Com a realização da MANOVA, comparações entre os pares de grupo foram realizadas por meio do teste de Hotteling.

Uma análise de agrupamento (UPGMA) foi realizada ao final, com o objetivo de visualizar os agrupamentos naturais da variação do contorno das folhas. Neste caso, os grupos foram marcados com cores, em uma tentativa de relacionar a variação morfométrica com a classificação por distribuição em altitudes diferentes.

Como forma de se verificar o efeito da proximidade entre as amostras, foi feito um teste de auto-correlação espacial (I de Moran) com o software SAM4.0 (Spatial Analysis in Macroecology, Rangel et al., 2010). Para se testar a significância desse teste, foram realizadas 199 permutações. Neste mesmo software, foram feitos testes de correlação espacial entre as componentes principais e a altitude e latitude, utilizando o método de Dutilleul (1993) para correção.

Resultados

A Análise de componentes principais, resultou em 5 componentes responsáveis por 94,13% da variação total do contorno foliar. Como em estudo anterior, o primeiro componente, responsável pela maior parte da variação (79,73%) indica como a razão foliar (relação entre o comprimento e a largura das folhas) a principal diferença entre elas. A tabela 2 mostra a porcentagem da variação de cada componente.

Tabela 2. Componentes principais, autovalores, proporção e total da influência no contorno das folhas.

Componente	Autovalor	Proporção (%)	Cumulativo (%)
PC1	5,300305E-3	79,73	79,73
PC2	3,69857E-4	5,56	85,29
PC3	2,779765E-4	4,18	89,47
PC4	1,903538E-4	2,86	92,33
PC5	1,196288E-4	1,79	94,12

O componente principal PC2, foi o responsável pela variação quanto ao formato geométrico das folhas, isto é, diferenças em ápices e base, resultando em folhas Ovadas, Elípticas ou Obovadas (Figura 2). Os demais componentes principais foram relacionados a variação maior do extremo ápice, seja em desvios para o lado, ou na forma de ápices mais arredondados, ou acuminados. O mesmo padrão diferenciou forma de *T. amazonica* var *manausensis* (endêmica da região de Manaus) de *T. amazonica* var *amazonica* (Cap. 2).

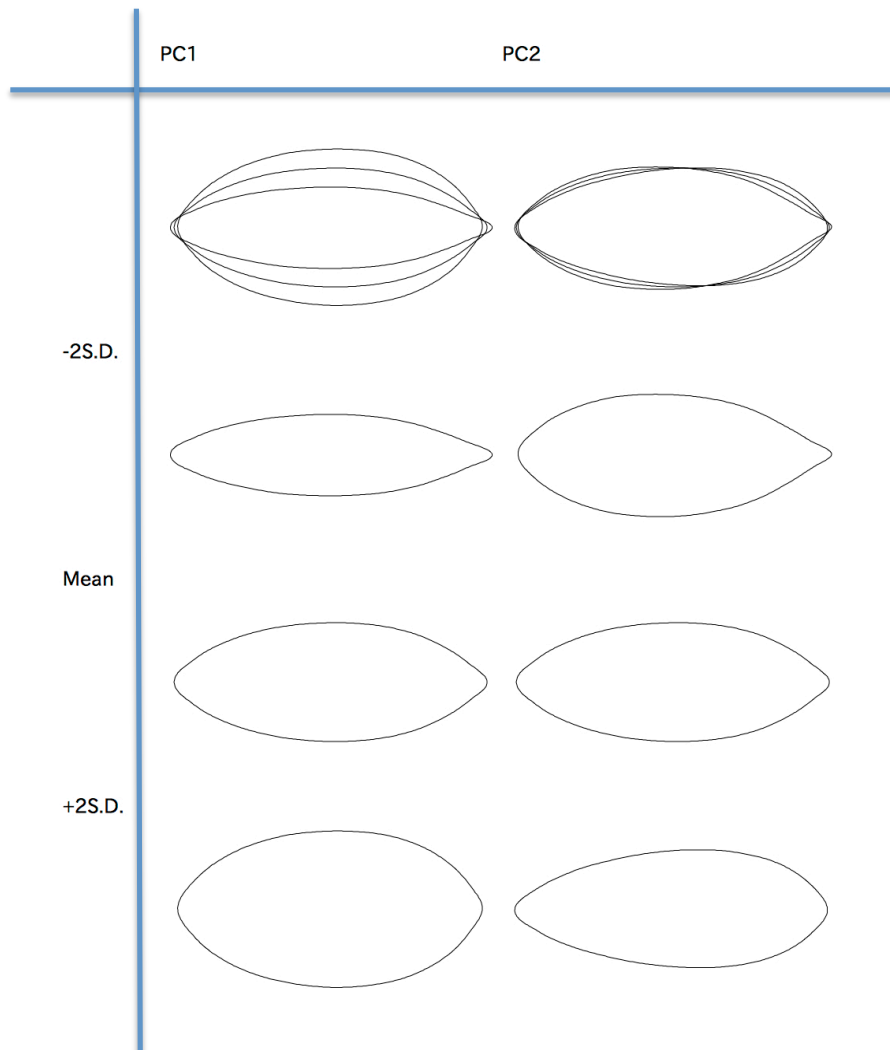


Figura 2. Ilustração da Variação abarcada pelos componentes principais PC1 e PC2.

O gráfico de dispersão PC1xPC2 (Figura 3) não indicou claramente a distinção entre os três grupos em estudo. O grupo referente a altitudes médias (500-900m) aparenta ter folhas com grande variedade de forma, havendo sobreposição com os outros grupos. Os grupos baixa altitude e elevada altitude mostraram uma maior separação entre si, apesar de ambos apresentarem também uma grande variação

dentro do próprio grupo. No entanto, diferente do grupo média altitude, ambos possuem amostras fora da área de sobreposição entre os três grupos.

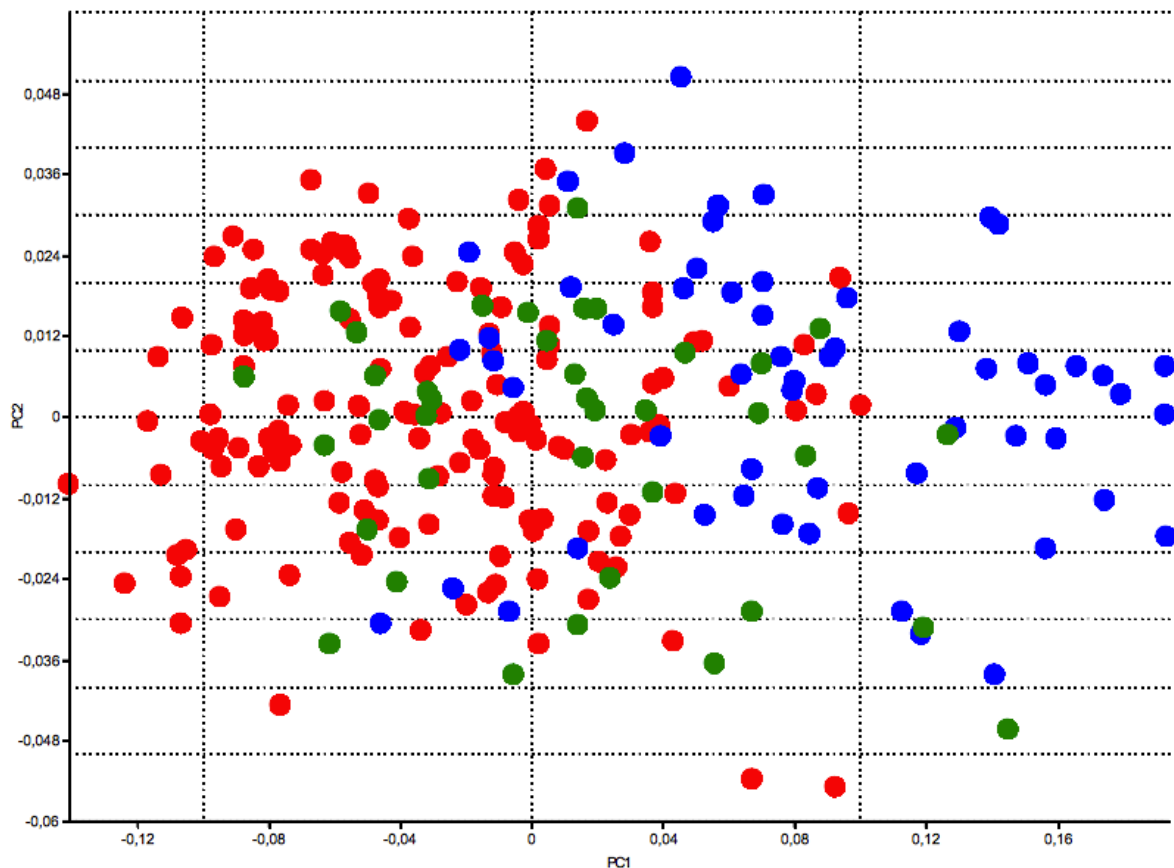


Figura 3. Gráfico de dispersão PC1xPC2. Pontos azuis=grupo baixa altitude (0-500m), pontos verdes=grupo média altitude (500-900m) e pontos vermelhos=grupo elevada altitude (900-1200m).

A análise de MANOVA indicou uma diferença significativa entre os grupos, com valor de Wilks Lambda= 0,5453; F=17,35 e p=4,21E-27.

A teste de Hotteling, que faz uma análise par a par entre os grupos deu como significativo para todos os pares testados (baixa X média p=1,23613E-08, baixa X elevada p=7,03458E-27, média X elevada p=9,19185E-05).

A análise canônica da variância (CVA) indicou haver uma diferença entre os grupos, principalmente entre os grupos elevada altitude e baixa altitude. O grupo média altitude no entanto aparece novamente com uma grande sobreposição aos

demais, havendo apenas duas amostras marginalmente isoladas (Figura 4).

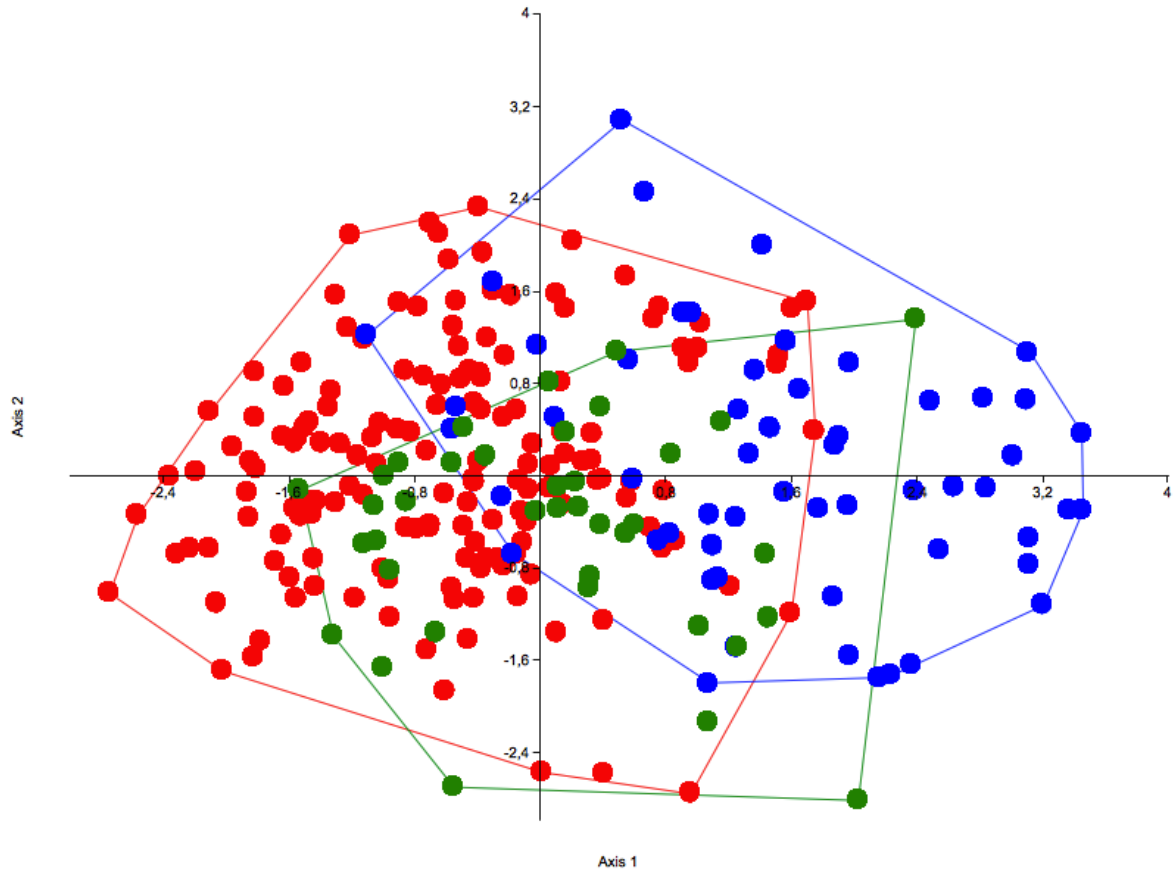


Figura 4. Gráfico de CVA entre os 3 grupos. Pontos azuis=grupo baixa altitude, pontos verdes=grupo média altitude e pontos vermelhos=grupo elevada altitude.

Os testes de Manova e CVA analisam medidas centrais dos grupos amostrais, dessa forma, apesar de haver uma grande sobreposição, os valores são significativos e indicam diferença entre os grupos.

A Análise discriminante não apresentou uma separação clara entre os grupos, havendo sobreposição (Figura 5). No entanto, os grupos baixa altitude e elevada altitude apresentaram amostras não sobrepostas e uma alta porcentagem de classificação correta (84,52% e 76,19% respectivamente) mais alta que a do grupo média altitude (59,92%). A presença do grupo média altitude como parte do universo amostral é a maior influência na sobreposição encontrada nos testes com os grupos baixa altitude e elevada altitude.

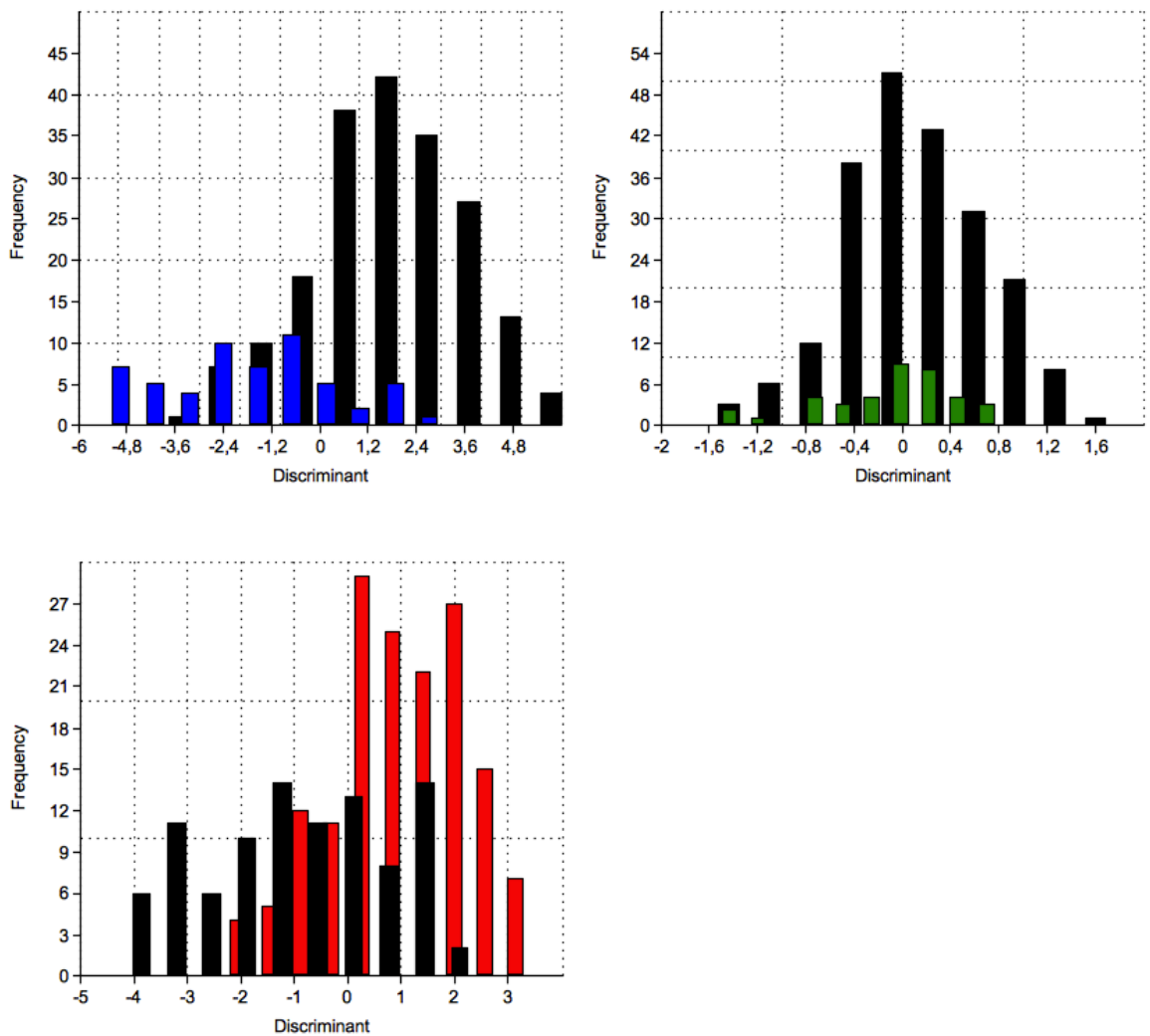
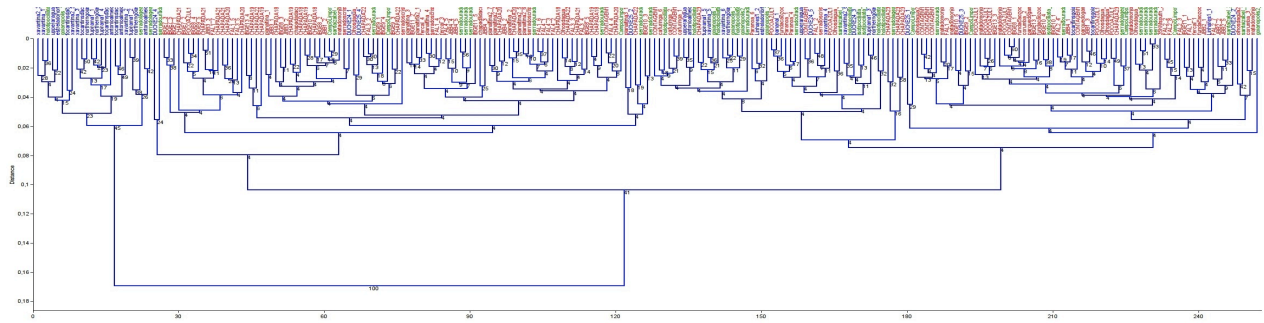


Figura 5. Análise discriminante entre os grupos de diferentes faixas de altitude Azul= grupo baixa altitude. Verde=grupo média altitude. Vermelho=grupo elevada altitude.

A Análise de UPGMA resultou na presença de 3 grupos com maior suporte de separação (Figura 6). O primeiro grupo é dominado pelo grupo baixa altitude (0-500m), com 87,5%, havendo a inclusão de apenas 2 amostras do grupo média altitude (Figura 7). O segundo grande agrupamento (Figura 8) é dominado por amostras do grupo elevada altitude, (900-1200m), havendo porém a presença de amostras referentes a coleta da Reserva Ducke e algumas poucas amostras do grupo média altitude. O terceiro agrupamento (Figura 9) já se mostrou como o mais heterogêneo, contendo amostras dos 3 grupos de altitude, com uma maior presença

de amostras referentes ao grupo média altitude. Este grupo incluiu duas amostras da Floresta Atlântica (Linhares-ES).



1

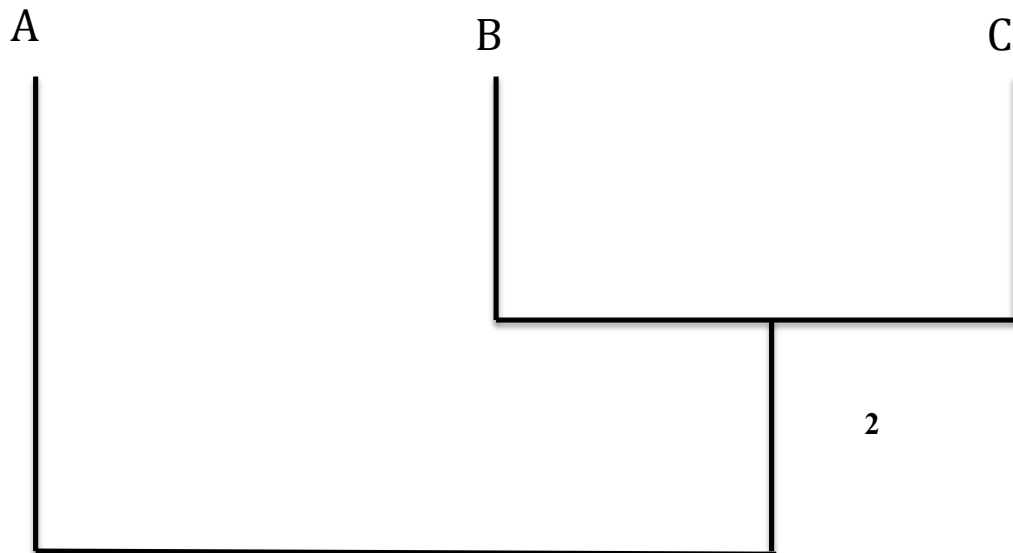


Figura 6. 1= Análise de agrupamento com os grupos de diferentes altitudes. Azul= grupo baixa altitude. Verde=grupo média altitude. Vermelho=grupo elevada altitude. 2= Representação da análise de agrupamento com os principais grupos encontrados. A= grupo com folhas de baixa e media altitude. B= grupo com predominância de folhas de elevada altitude. C= grupo com representantes das 3 faixas altitudinais.

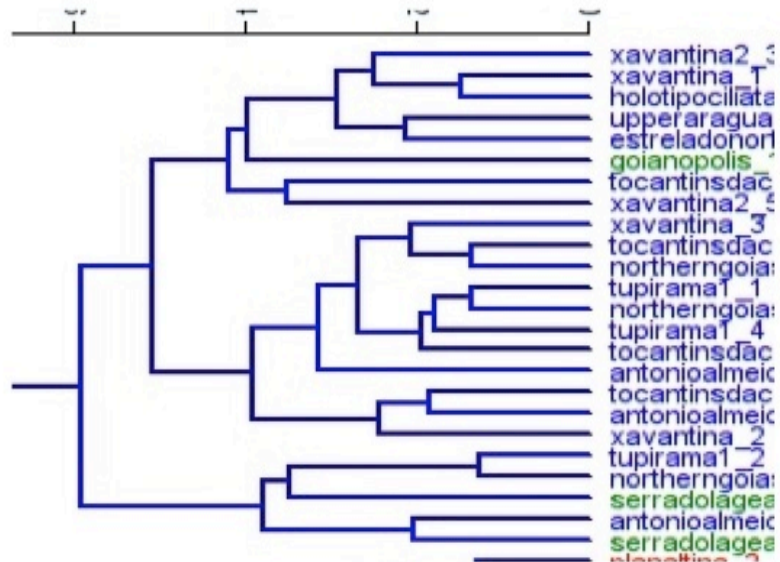


Figura 7. Detalhe do agrupamento A na análise de UPGMA.

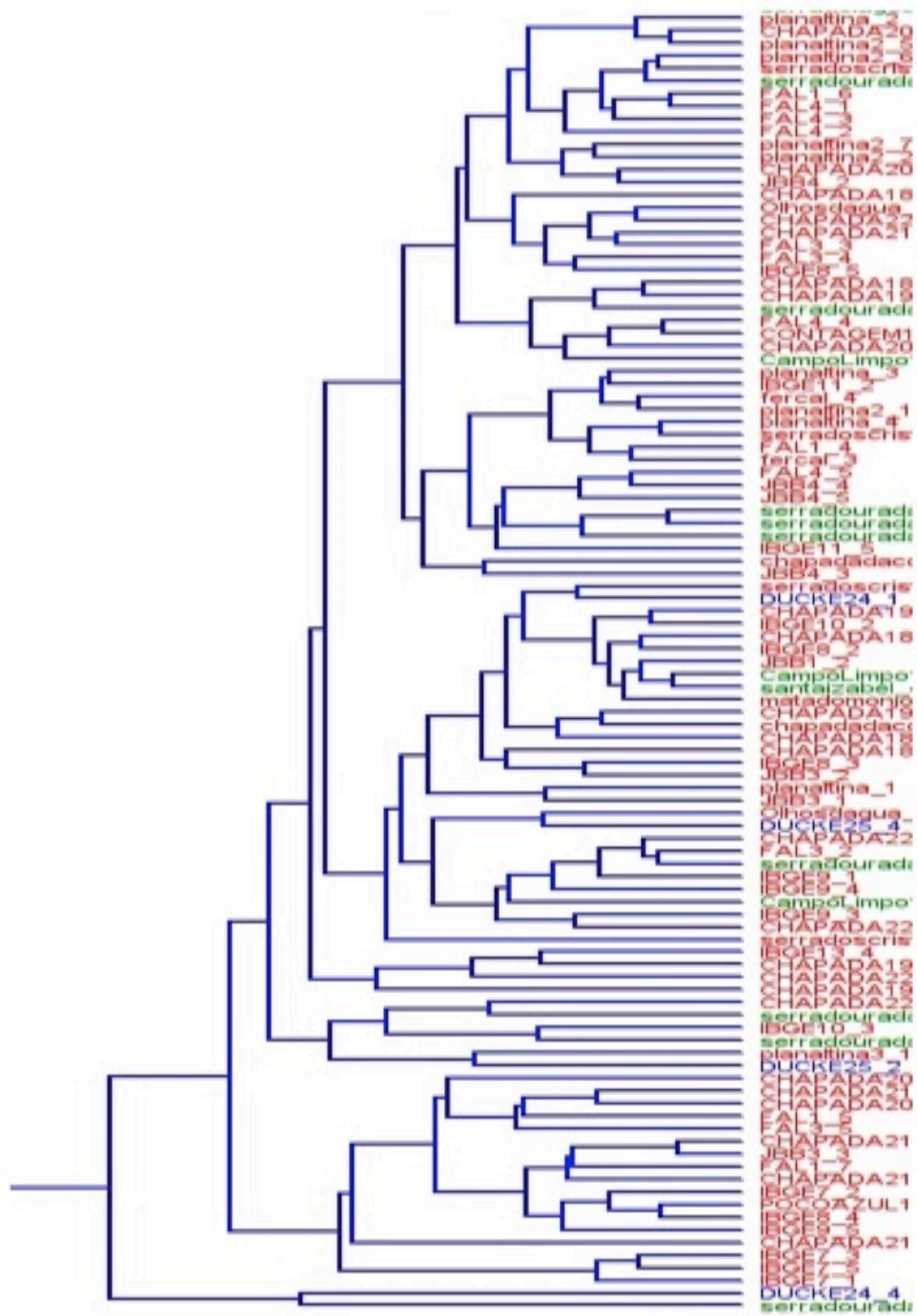


Figura 8. Detalhe do agrupamento B.

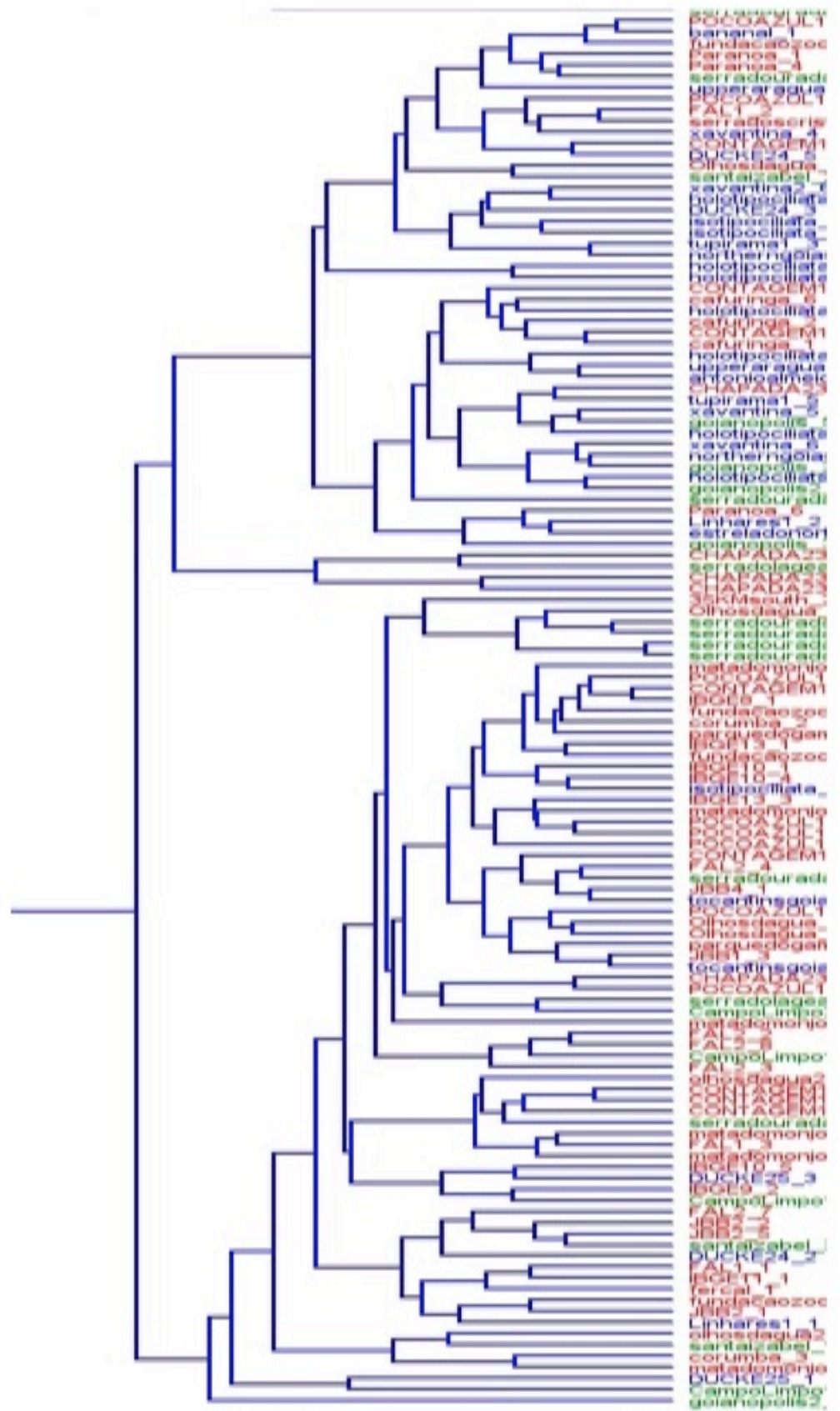


Figura 9. Detalhe do agrupamento C.

A observação da análise de agrupamento não indicou a presença evidente de um agrupamento geográfico forte, com a presença de amostras de uma mesma localidade estando presentes em 2 ou mais grupos formados na análise. No entanto, algumas localidades apresentaram suas amostras em apenas um grupo, como as amostras de Dacinópolis (TO), presente apenas no agrupamento 1 (Tabela 3).

Apesar de algumas localidades apresentarem amostras em 2 agrupamentos, folhas provenientes de locais como RECOR-Taquara, Fazenda Água Limpa (FAL) e Jardim Botânico de Brasília possuem amostras de diferentes indivíduos, que fazem parte de apenas um dos agrupamentos. Tal observação evidencia a presença de uma variação, apesar de pequena, presente dentro de um mesmo local de coleta, ou de locais bem próximos.

Tabela 3. Distribuição dos locais amostrados nos três grupos da Análise de agrupamento. Em negrito estão destacados locais amostrados cujas folhas se encontram em apenas um agrupamento.

Localidade	Altitude	Agrupamento 1	Agrupamento 2	Agrupamento 3
Dacinópolis	0m	X		
Linhares	32m			X
Reserva Ducke	75m		X	X
Bananal	188m			X
Goiatins	192m			X
Tupirama	202m	X		X
Antônio Almeida	240m	X		X
Xavantina	273m	X		X
Natividade	323m	X		X
Estrela do Norte	453m	X		
Norte de Goiás	500m	X		X
Upper Araguaia	500m	X		X
Santa Izabel	596m		X	X
Serra do Lajeado	636m	X		X
Serra Dourada	800m		X	X
Campo Limpo	865m		X	X
Goianópolis	890m	X		X
Apa de Cafuringa	900m			X
Fercal	946m		X	X

Planaltina	949m	X	
Serra dos Cristais	954m	X	X
Corumbá	962m		X
Fundação Zoobot	1008m		X
Parque Olhos D'agua	1026m	X	X
Chapada da Contagem	1050m	X	X
FAL	1089m	X	X
JBB	1093m	X	X
Chapada dos Veadeiros	1100m	X	X
Paranoá	1100m		X
Barragem do Paranoá	1100m		
RECOR-taquara	1100m	X	X
RECOR-monjolo	1110m	X	X
Poço Azul	1137m	X	X
Parque do gama	1190m		X

O teste de I de Moran indicou uma forte estruturação geográfica no conjunto amostral (Tabela 4).

Tabela 4. Teste de I de Moran.

D.Class	Count	DistCntr	Moran's I	P	I (max)	I/I(max)
1	4780	3.919	0.435	0.005	1.057	0.411
2	4354	16.423	0.016	0.357	0.7	0.023
3	4424	33.117	0.093	0.015	0.911	0.102
4	4636	77.012	0.179	0.005	0.925	0.193
5	4892	139.054	0.026	0.156	0.961	0.028
6	4320	182.194	0.006	0.628	0.444	0.014
7	4232	214.873	0.347	0.005	1.363	0.254
8	4792	251.121	-0.024	0.151	0.702	-0.034
9	4254	353.94	0.136	0.005	0.826	0.165
10	4742	467.072	-0.418	0.005	1.559	-0.268
11	4320	567.79	-0.295	0.005	1.7	-0.173
12	4642	745.389	-0.318	0.005	1.396	-0.228
13	4358	1.090.209	-0.252	0.005	1.016	-0.248
14	4506	2.073.685	0.023	0.03	0.466	0.05

As análises de correlação espacial em relação a latitude e a altitude foram significativas em relação a PC1, indicando que o contorno das folhas, definido por

essa componente principal tem uma variação em relação a altitude ($r=0,63$ $p=0,003$) (Figura 10) e uma relação mais fraca em levando-se em conta a latitude ($r=0,38$ $p=0,015$) (Figura 11).

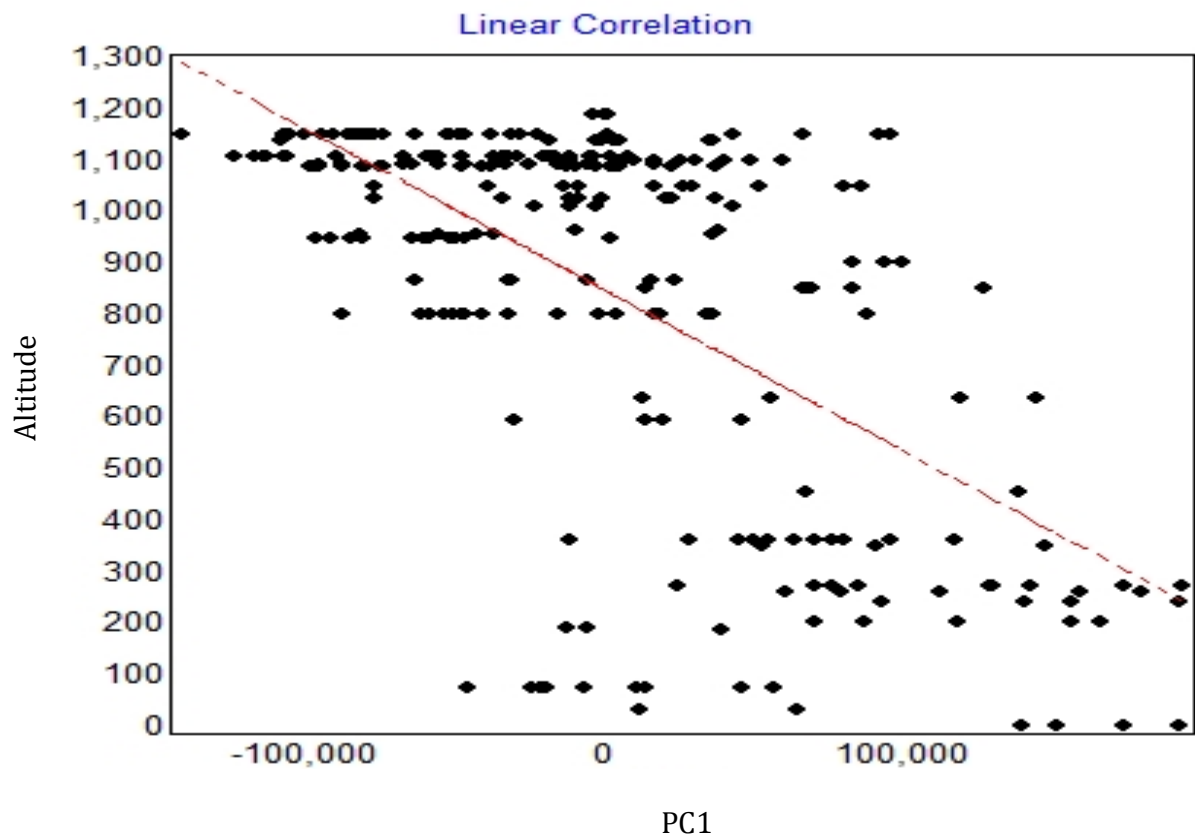


Figura 10. Correlação espacial entre PC1 e Altitude.

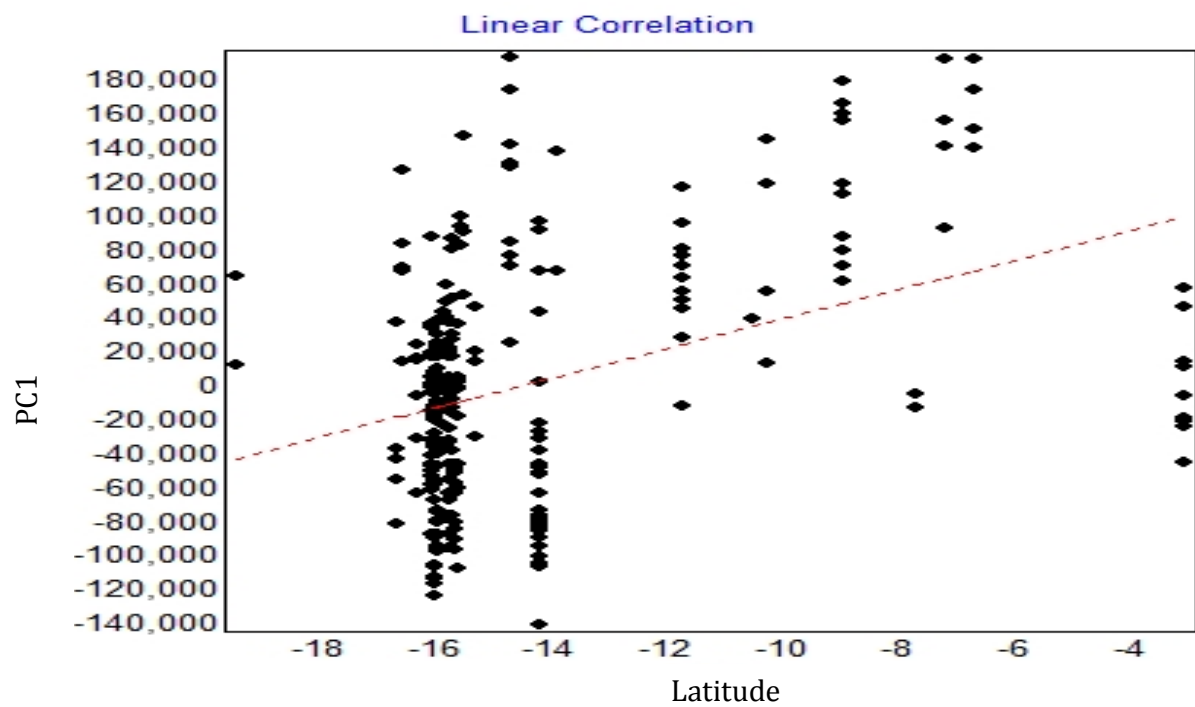


Figura 11. Correlação espacial entre PC1 e Latitude

Discussão

A espécie *Tapura amazonica* apresentou uma grande variação em seu contorno. Apesar de uma sobreposição entre os grupos escolhidos, a MANOVA e a análise CVA indicaram uma diferença significativa ao se comparar o centroide dos grupos. Os grupos de baixa e elevada altitude, 0-500m e 900-1200m respectivamente apresentaram uma maior distância entre si, situação verificada tanto pela análise discriminante como pela análise de agrupamento, onde dois dos grupos não apresentaram sobreposição ou amostras de uma mesma localidade ou coleta. A identificação dos três grupos relacionados às cotas altimétricas foram corroboradas por todas as análises.

Na análise de UPGMA, um grupo conta com a presença dos 3 grupos altitudinais, evidenciando uma sobreposição. Além disso, a análise UPGMA mostrou que amostras provenientes de um mesmo ponto são encontradas em diferentes agrupamentos, evidenciando que em um mesmo local de coleta ocorre a variação do contorno foliar da espécie.

O teste de I de Moran identificou uma forte estruturação geográfica das amostras em relação a PC1. No entanto, as análises de correlação espacial entre PC1 e Altitude, e PC1 e Latitude, corrigidas com o método de Dutilleul (1993) foram significativas, indicando que apesar da estruturação geográfica, o formato foliar definido pela PC1 sofre variação em relação a altitude, tendo em altitudes mais baixas uma razão foliar menor, e em maiores altitudes, uma razão foliar maior. Nos pontos amostrados, a Latitude segue quase o mesmo padrão da altitude, onde quanto maior a Latitude, o valor da altitude também aumenta, com exceção dos pontos localizados abaixo de 15°S onde existe um pequeno decréscimo na altitude, e no ponto referente a Linhares. Desta forma, se a Latitude fosse a única responsável pela variação encontrada, o ponto mais ao sul deveria mostrar folhas com a maior razão foliar.

As folhas de *Tapura amazonica* se mostraram com maior variedade em baixas altitudes (folhas de menor razão foliar, ou folhas de maior razão foliar, identificadas pela presença em dois dos agrupamentos da análise de UPGMA) enquanto folhas de elevadas altitudes apresentaram uma razão foliar maior, quando levado em consideração apenas a PC1, responsável por explicar a maior parte da variação encontrada. As outras componentes principais tiveram uma explicação menor, sendo

encontradas em uma mesma cota altimétricas folhas com formatos ovado ou obovado, ou com ápices arredondados ou acuminados. De forma semelhante aos estudos de Cordell (1998), altitudes mais baixas apresentaram uma menor razão foliar (folhas mais largas) enquanto que em maiores altitudes, houve um aumento nesta razão, resultando em folhas mais estreitas. O mesmo efeito é citado por Gurevitch (1992) em estudos com *Achillea lanulosa*. Fatores abióticos podem também ser responsáveis por variação no formato foliar.

Estudos de Givnish (1987) relatam que a largura foliar tende a responder a fatores como intensidade de chuvas, umidade e fertilidade do solo, tendo seu tamanho aumentado, ou diminuir quando da elevação de altitude, ou com aumento da irradiação solar. O estudo da morfometria foliar de *Tapura amazonica* corrobora essa informação, apresentando uma tendência a folhas mais estreitas em maiores altitudes, e folhas mais largas em menores altitudes, como nos indivíduos de Tupirama, Estrela do Norte ou Antônio Almeida.

A maior variação encontrada no grupo baixa altitude apresentou uma separação das amostras, identificada na análise de UPGMA. Em um dos ramos, folhas de um grupo de plantas localizadas mais ao norte de Goiás e Tocantins apresentou morfologia do contorno diferente das demais, situação encontrada também no capítulo II. Tal diferença pode significar a presença de uma nova variedade para a espécie. No entanto, mais estudos são necessários para essa confirmação.

A presença de folhas originárias de indivíduos amazônicos, do cerrado, e da Mata Atlântica, localizadas em um mesmo grupo, pode sugerir uma origem comum, podendo ser um ponto de apoio para os estudos de formação das matas de galeria. Novamente, estudos mais aprofundados, como estudos populacionais com marcadores moleculares, ou estudos levando-se em consideração a área foliar, são necessários para tal questão.

Referências

Andrade, I.M.; Mayo, S.J.; Kirkup, D.; Van Den Berg, C. 2008. Comparative morphology of populations of *Monstera* Adans (Araceae) from natural forest fragments in Northeast Brazil using elliptic Fourier Analysis of leaf outlines.

Benavides, F.; Burbano, J.; Burbano, D.; Prieto, R.; Torres, C. 2010. Inferring possible population divergence in *Espeletia pycnophylla* (Asteraceae) through morphometric and paleogeographic approaches. *Rev. Biol. Trop.* 58(4) 1261-1270.

Castro, A.A.J.F. 1994. Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí-São Paulo) de amostras de cerrado. Campinas: Unicamo, 1994. 520p. Tese de Doutorado

Cordell, S.; Goldstein, G.; Mueller-Dombois, D.; Webb, D.; Vitousek, P.M. 1998. Physiological and morphological variation in *Tetrasideros polymorpha*, a dominant Hawaiian tree species, along an altitudinal gradient: the role of phenotypic plasticity. *Oecologia.* 113:188-196

Dutilleul, P. 1993. Modifying the t-test for assessing the correlation between two spatial processes. *Biometrics* 49: 305-314.

Forzza RC; Leitman PM; Costa AF; Carvalho Jr AA; Peixoto AL; Walter BMT; Bicudo C; Zappi D; Costa DP; Lleras E; Martinelli G; Lima HC; Prado J; Stehmann JR; Baumgratz JFA; Pirani JR; Sylvestre L; Maia LC; Lohmann LG; Queiroz LP; Silveira M; Coelho MN; Mamede MC; Bastos MNC; Morim MP; Barbosa MR; Menezes M; Hopkins M; Secco R; Cavalcanti TB; Souza VC. 2010. Introdução. *In* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Fuzeto, A.P.; Lomônaco, C. 2000, Potencial plástico de *Cabralea cajerana* e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG: *Revista Brasileira de Botânica* 23: 169-176.

Givnish, T.J. 1987. Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New Phytologist*, 106. 131-160

Gurevitch, J. 1988. Variation in Leaf Dissection and Leaf Energy Budgets Among Populations of *Achillea* from an Altitudinal Gradient. *American Journal of Botany*. 75 n° (9). 1298-1306.

Gurevitch, J. 1992. Sources of Variation in Leaf Shape among Two Populations of *Achillea Lanulosa*. *Genetics*. 130(2): 385–394.

Hammer, Ø; Harper, D.A. & Ryan, P.D. 1995. PAST - Palaeontological Statistics, ver. 1.34. Kluwer Academic Publishers. 66p

IWATA, H. & UKAI, Y. 2002. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *J. Heredity*, **93**: 384-385.

Jensen, J.R.; Kristen, M.C. Miramontes, L.C. 2002. Lines, outlines and landmarks: Morphometric Analyses of leaves of *Acer rubrum*, *Acer saccharinum* (Araceae) and their hybrid. *Taxon*. 51(3):475-492.

Jonas, C.S.; Gerber, M.A. 1999. Variation among populations of *Clarkia unguiculata* (Onagraceae) along altitudinal and latitudinal gradients. *American Journal of Botany* 86(3): 333-343.

Kuhl F.P., Giardina C.R. 1982. Elliptic Fourier features of a close contour. *Comp. Graph. Image Proc.* 18: 259-278.

Olsson A., Nybom H., Prentice H.C. 2002. Relationships between Nordic Dogroses (*Rosa* L. Sect. *Caninae*, Rosaceae) assessed by RAPDs and elliptic fourier analysis of leaflet shape. *System. Bot.* 25. 511-251.

Palmer, M.; Pons, G.X.; Linde, M. 2004. Discriminating between geographical groups of a mediterranean commercial clam (*Chamelea gallina* (L.): Veneridae) by shape analysis. *Fisheries Research*. 67, 93-98.

Prance G.T. 1972. **Monograph of Dichapetalaceae. Flora Neotropica 10: 1-84.**

Prance G.T, Medeiros H. 2010. *Dichapetalaceae in Forza et al*, Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Pluess, A.R.; Frei, E.; Kettle, C.J.; Hahn, T.; Ghazoul, J. 2012. Plant growth and fitness of *Scabiosa columbaria* under climate warming conditions. *Plant Ecology and Diversity*. 1-11.

Rangel, T.F.L.V.B, Diniz-Filho, J.A.F and Bini, L.M. 2010. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, 33:46-50.

Ribeiro JF, Walter BMT. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano S.M., Almeida S.P. e Ribeiro J.F. 2008. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa, 151-199.

Rohlf, F.J. & Archie, J.W. 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Syst. Zool.*, 33(3): 302-317.

Rohlf F.J. 1990. Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 21: 299-316.

Rohlf F.J. 2003. Bias and error in estimates of mean shape in geometric morphometrics. *J. Hum. Evolution*, 44: 665-683.

Zhan Q.B.; Xin L.W. 2012. Elliptic Fourier Analysis of the wing outline shape of five species of antlion (Neuroptera: Myrmeleontidae: Myrmeleontini). *Zoological Studies* 51(3)