



Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida  
Silvestre

*Dissertação de Mestrado*

**Influência das condições edáficas sobre a arquitetura aérea de  
*Lychnophora salicifolia* Mart.**



Rafael Nessim

**Orientador: José Eugênio Cortes Figueira  
(Departamento de Biologia Geral – ICB/UFMG)**

**Belo Horizonte, maio de 2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida  
Silvestre

**Influência das condições edáficas sobre a arquitetura aérea de  
*Lychnophora salicifolia* Mart.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Rafael Nessim

**Orientador: José Eugênio Cortes Figueira  
(Departamento de Biologia Geral – ICB/UFMG)**

**Belo Horizonte, maio de 2008**



JORGE CHAM @THE STANFORD DAILY

[phd.stanford.edu/comics](http://phd.stanford.edu/comics)

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao Zé Eugênio por tudo que aprendi com ele. Por me ensinar a pensar como ecólogo e como cientista. Por ser um exemplo como pessoa e como profissional. Por aceitar me orientar e suportar pacientemente todas as minhas mirabolantes idéias paleontológicas. Por sugerir o tema deste trabalho. Por fazer um zoólogo enxergar que não é tão ruim assim trabalhar com bichos-verdes-que-não-andam (também conhecidos como “plantas”) e até conseguir fazer o dito zoólogo gostar disto. Por me fazer sentir orgulho de dizer: “Sou orientando do Zé!”

Aos membros da banca, prof. Geraldo Wilson, prof. Claudia Jacobi e Dra. Kátia, que aceitaram avaliar esta dissertação.

À FAPEMIG pelo auxílio financeiro durante estes dois anos.

Ao prof. Geraldinho, por gentilmente ter emprestado a bomba de Scholander e disponibilizado seu sítio na Serra do Cipó, além de ter contribuído com várias sugestões para este trabalho.

Ao Lelê (também conhecido como Fernando Silveira para os íntimos), por toda sua disposição em me ajudar em campo (mesmo doente!), por me ensinar a trabalhar com a já mencionada bomba de Scholander, por me indicar toneladas de artigos que foram essenciais para esta dissertação e por acreditar neste trabalho. Agradeço também ao Caio e ao Diogo (alunos do professor Lelê) que me ajudaram nas primeiras idas ao campo.

Aos estagiários (e amigos!), cuja ajuda em campo foi indispensável para a realização deste trabalho. São eles: meu “filho” Rafael (que é muito mais esperto que o “pai”), Kelly (a estagiária que vale por duas) e Eugênia (a irmã gêmea maligna da Kelly).

À Garota Pipoca, também conhecida como Fabiana Mourão, por me ajudar com toda a metodologia de granulometria. A todos no Nuvelhas (especialmente ao prof. Marcos Callisto), por cederem seu tempo e espaço para que a Garota Pipoca pudesse me ajudar.

À Fabi Couto (que não é só mais um rostinho bonito; além de Miss Luz, é também Mestre em Ecologia!), ao Thiago Metzker e ao prof. Ari por identificarem a minha *Lychnophora*.

À Mariana Mansanares e aos profs. João Luís, Valdir Cechinel e João Semir por compartilharem seus conhecimentos sobre *Lychnophora salicifolia* comigo.

À Ana Sílvia e aos profs. Claudia Jacobi, Fernando Vale, Marcel Giovanni, Maria Rita, Mary Price, Miguel Lopes e Rogério Parentoni por responderem dezenas de dúvidas sobre o trabalho e levantarem outras milhares.

Ao pessoal da sede do IBAMA da Serra do Cipó pela estadia e apoio durante o trabalho. Ao IMA pelas análises de solo e tecido vegetal.

À Marilene, por ser um modelo a ser seguido por qualquer ecólogo (apesar de ser médica!) e por me ajudar com as referências bibliográficas sobre a Serra do Cipó.

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia de Populações (Augusto, Léo, Luísa, Manoel, Matheus, Lu, e Tatá) pelo companheirismo durante esses anos.

À Mary e Joyce, por sempre resolverem todos os problemas que eu levava até elas.

Aos amigos Filipe, Luís, Marcelo, Rodrigo e Taleco, por fazerem valer a pena ter escolhido a Biologia como profissão. Agradeço especialmente ao Filipe pela ajuda, apoio, carona, coordenação de trabalhos e (falta de) paciência em todas as vezes que eu tive que ir a campo (inclusive finais de semana, feriados e férias – dele, não minhas). O Rodrigo também merece um agradecimento particular por sua ajuda essencial com os pavorosos programas de estatística (que hoje já não são tão pavorosos assim).

Ao Pedro Pó, meu amigo há quase uma década e meia, que conseguiu fazer com que os “pavorosos-programas-de-estatística-que-hoje-já-não-são-tão-pavorosos-assim” funcionassem no meu computador.

Aos amigos Carlos, Gallo, Pedro, Testa e Sérgio, companheiros inseparáveis de viagens a locais distantes e maravilhosos, que apenas a imaginação poderia conceber. O Testa merece uma menção honrosa por transportar (duas vezes) vários quilos de terra provenientes da Serra do Cipó no porta-malas de seu carro até o IMA.

À Rita por me ajudar a manter a minha sanidade e por me mostrar que eu não sou tão louco quanto imaginava.

À minha mãe Vitória, ao meu pai Joseph e ao meu irmão André, pelo apoio incondicional nos últimos 27 anos.

## Sumário

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>Resumo.....</b>               | <b>01</b> |
| <b>Abstract.....</b>             | <b>02</b> |
| <b>Introdução.....</b>           | <b>03</b> |
| <b>Material e Métodos.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Resultados.....</b>           | <b>23</b> |
| <b>Discussão.....</b>            | <b>45</b> |
| <b>Considerações Finais.....</b> | <b>52</b> |

## Resumo

O gênero *Lychnophora* (Asteraceae) é endêmico do território brasileiro e engloba cerca de 68 espécies arbustivas, distribuídas nos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia. O gênero é conhecido popularmente como “arnica” e alguns exemplares são utilizados na medicina popular na fabricação de infusões analgésicas, antiinflamatórias e anti-reumáticas. *Lychnophora salicifolia* Mart. é a espécie tipo do gênero e apresenta a distribuição mais ampla do mesmo, além de uma expressivo polimorfismo. *L. salicifolia* é bastante resistente a pouca disponibilidade de água e apresenta baixas exigências nutricionais.

O objetivo deste trabalho foi comparar as arquiteturas aéreas, as densidades populacionais, os estados nutricionais e os níveis de estresse hídrico de três populações de *L. salicifolia* encontrados na Serra do Cipó (MG), cada uma associada a um substrato e/ou fitofisionomia específicos: solo arenoso (população A), solo pedregoso (população P) e campo de gramíneas (população C).

A arquitetura aérea de *L. salicifolia* variou com as diferentes condições edáficas às quais estão submetidos cada população. Os parâmetros morfológicos que melhor separaram as populações foram o comprimento da lâmina foliar e o diâmetro da copa. Os fatores abióticos que parecem ter maior importância na determinação da arquitetura de *L. salicifolia* são a disponibilidade de água, as concentrações de potássio e fósforo no solo, bem como a acidez do solo. *L. salicifolia* parece contornar a escassez de recursos através da adoção de diferentes formas de crescimento (plasticidade fenotípica) que resultam em diferentes arquiteturas. A arquitetura afeta diretamente potencial reprodutivo de *L. salicifolia* através do número de ramos. Solos menos férteis e mais secos causam uma simplificação em sua arquitetura e alteram sua estrutura populacional com uma diminuição na frequência das maiores classes de tamanho. Sugere-se que um maior estresse hídrico e/ou nutricional afetam a arquitetura da planta através da produção de um menor número de ramos e alteração no padrão de crescimento, indicando uma economia de recursos (plasticidade fenotípica). Em consequência, o potencial reprodutivo das plantas e estruturas populacionais são diretamente afetados. É possível que o estresse hídrico e nutricional em plantas com menos ramificações se equiparem ao estresse a que estão submetidas as plantas mais ramificadas.

**Palavras-chaves:** plasticidade fenotípica, *Lychnophora salicifolia*, estresse hídrico, arquitetura aérea, déficit nutricional.

## Abstract

The genus *Lychnophora* (Asteraceae) is endemic of the Brazilian territory and comprises about 68 shrub-like species, distributed in the states of Minas Gerais, Goiás and Bahia. The genus is known popularly as "arnica" and some species are used in the popular medicine in the manufacture of painkillers, antiinflammatory infusions and anti-rheumatic drugs. *Lychnophora salicifolia* Mart. is the species type of the genus and presents the most widespread distribution and a high degree of polymorphism. *L. salicifolia* is resistant to little water availability and have low nutrients requirements.

The objective of this work was to compare the aerial architectures, the population densities, the nutrients levels, and the water stress of three populations of *L. salicifolia* found on Serra do Cipó (MG) each one associate to a specific substratum: sandy soil (population A), rocky soil (population P) and grassland (population C).

The aerial architecture of *L. salicifolia* varied with the different soil conditions to which are submitted each population. The morphological parameters that better separated the populations were the length of the leaf blade and the diameter of the canopy. The abiotic factors that seem to have the most importance in the determination of the architecture of *L. salicifolia* were water availability, potassium and phosphorous concentrations in the soil, as well as soil acidity. *L. salicifolia* seems to compensate for the scarcity of resources through the adoption of different growth patterns (phenotypic plasticity) that resulted in different architectures. The architecture affects directly the reproductive potential of *L. salicifolia*. Less fertile and drier soils caused a simplification in its architecture and modified its population structure with reduction in the frequency of the largest size categories. Greater water stress and/or nutrient stress affect the plant architecture through a reduction in the number of branches and changes in growth patterns, indicating resource economy (phenotypic plasticity). In consequence, the reproductive potential of the plants and the population structures are directly affected. It is possible that the water and nutritional stresses in plants with few ramifications are equal to the stress levels of the more ramified plants.

**Keywords:** phenotypic plasticity, *Lychnophora salicifolia*, water stress, aerial architecture, nutrient deficit.

# 1. Introdução

## 1.1. Arquitetura de Plantas

A morfologia das plantas terrestres evoluiu por mais de 400 milhões de anos sendo limitada por quatro requerimentos principais (Niklas, 1986): 1) aquisição de recursos para a fotossíntese, 2) transporte e retenção de água, 3) tolerância ao estresse mecânico e 4) reprodução. Tais requerimentos apresentam soluções morfológicas mutuamente antagônicas, impondo um limite na quantidade de formas possíveis a serem assumidas por plantas terrestres (Niklas & Kerchner, 1984). Torna-se claro que a forma de uma planta é um compromisso entre a obtenção de recursos (água, luz e nutrientes), capacidade reprodutiva (polinização e dispersão de sementes), sustentação e proteção física contra agentes externos bióticos e abióticos (vento, radiação ultravioleta, patógenos, herbívoros, entre outros) (Crawley, 1997). A evolução da arquitetura das plantas é o resultado da conciliação desses diferentes requisitos morfológicos. Desta forma, não existe uma única morfologia ideal, mas várias soluções diferentes, cujas probabilidades de sucesso e sobrevivência dependem do ambiente ocupado por uma planta em particular (Niklas, 1986). O processo evolutivo não é uma questão de otimização, mas, fundamentalmente, de encontrar soluções morfológicas eficientes para limitações históricas e ambientais específicas (Farnsworth & Niklas, 1995).

A arquitetura de uma planta é definida como a organização tri-dimensional de seus componentes no espaço. Essa organização pode variar com o tempo e pode ser definida por informações topológicas e geométricas. Enquanto a topologia lida com as conexões físicas entre os componentes da planta, a geometria se ocupa da forma, tamanho, orientação e localização espacial destes mesmos componentes (Godin *et al.*, 1999). A arquitetura de uma planta tem vários elementos tais como o tamanho, a forma de crescimento, o desenvolvimento sazonal, a variedade de estruturas aéreas e a persistência de seus componentes individuais (Lawton, 1983). Outros autores (Southwood *et al.*, 1979) usam o termo arquitetura apenas para se referir à variedade das estruturas aéreas e utilizam a expressão “diversidade espacial” como uma medida de tamanho e forma de crescimento. Vários estudos de arquitetura utilizam apenas alguns parâmetros para sua caracterização em uma determinada planta, como altura total, diâmetro na altura do peito, diâmetro da copa, número de ramificações primárias e número de ramificações secundárias (Brooks & Bell, 2005; Housman *et al.*, 2002;

Tremmel & Bazzaz, 1995). Outros incluem até mesmo medidas de biomassa de raízes (Guo *et al.*, 2007). Alguns estudos utilizam complexos algoritmos e modelos computacionais para descrever a arquitetura de uma planta (Watanabe *et al.*, 2005; Yan *et al.*, 2004). A maioria dos trabalhos é direcionada principalmente para estudos de arquitetura aérea, com ênfase em padrões de ramificação de galhos e/ou características foliares (Kohyama, 1987; Luken *et al.*, 1995; Preston, 1999; Valladares & Pearcy, 2000; Yamada *et al.*, 2000). Como vários aspectos na Ciência, a definição de quais parâmetros são os ideais para estudos da arquitetura de uma determinada planta varia de acordo com a visão pessoal do pesquisador e dos objetivos específicos da pesquisa.

Plantas são organismos modulares, isto é, são formadas pela repetição de unidade funcionais produzidas durante o desenvolvimento ontogenético (White, 1979). O termo “módulo” é utilizado para se referir a estruturas repetitivas semiautônomas e subunidades funcionais de uma planta. Um indivíduo pode ser visto como uma coleção de módulos dispostos hierarquicamente. Tais módulos têm suas próprias propriedades demográficas, normalmente com certo grau de independência da planta da qual fazem parte (Kroon *et al.*, 2005). Uma única planta pode ser considerada como uma população, tendo potencial para crescer exponencialmente através do aumento do número de suas subunidades (Harper & White, 1974). Como os componentes principais do crescimento de uma planta (incremento e disposição de biomassa) se expressam repetitivamente, o resultado é uma arquitetura modular (Küppers, 1989). Desta forma, a arquitetura de uma planta é o resultado da união de uma assembléia complexa de módulos em uma construção corporal coerente (Hallé, 1986).

Durante sua ontogenia, toda planta está sujeita ao seu próprio modelo de arquitetura, que é dependente de seu programa genético determinístico (Sussex & Kerk, 2001). Em condições ideais de crescimento, o desenvolvimento e a arquitetura de uma planta seguiriam estritamente tal modelo, mas tais condições são quase inexistentes na natureza, onde ambientes diversos e adversos, bem com interações antagonísticas intra e inter-específicas, resultam em desvios deste modelo utópico. Assim, a arquitetura final de uma planta é a expressão de um equilíbrio entre o processo de crescimento endógeno e limites exógenos impostos pelo ambiente (Barthélémy & Caraglio, 2007). Desta forma, um mesmo genótipo pode resultar em diferentes fenótipos, dependendo das condições ambientais às quais está submetido. Tal fenômeno é chamado de plasticidade fenotípica (Bradshaw, 1965; Pigliucci, 2005).

O crescimento modular das plantas, juntamente com a influência contínua do ambiente sobre os processos de desenvolvimento, leva a uma alta plasticidade da forma de crescimento das plantas e, portanto, de sua arquitetura (Cronk, 2005). Organismos sésseis e modulares não podem migrar em resposta a mudanças ambientais e seus módulos podem se desenvolver em diferentes condições ambientais ao longo do tempo (van Kleunen & Fisher, 2005). Desta forma, a adoção de respostas plásticas a diferenças nas condições ambientais torna-se uma estratégia vantajosa para as plantas. A sobrevivência das plantas a situações adversas (principalmente limitações hídricas e nutricionais) muitas vezes envolve mecanismos anti-estresse através da adoção de uma adequada plasticidade arquitetural (Gautam *et al.*, 2003; Ho *et al.*, 2004; Klich, 2000; Sultan, 2004). A plasticidade morfológica permite a uma planta modificar seu padrão de crescimento em diferentes condições de solo (Hutchings, 1988), sendo uma solução para o problema de adaptação em ambientes heterogêneos (Guo *et al.*, 2007).

A arquitetura de uma planta tem profundos efeitos em vários aspectos ecológicos importantes incluindo reprodução (Geber, 1990; Lechowicz, 1984; Schmitt, 1993), interação com herbívoros (Alonso & Herrera, 1996; Marquis, 1992; Rosenthal & Welter, 1995), interação com galhadores (Araújo *et al.*, 2006; Espírito Santo *et al.*, 2007) e rebrota (Watson, 1995). A geometria de uma planta está diretamente envolvida com obtenção de recursos e interações com o ambiente (Godin *et al.*, 1999) e pode ajudar a determinar a sua capacidade de aquisição de recursos (Tremmel & Bazzaz, 1995). Diferentes padrões de ramificação afetam diretamente a captura de luz, transporte de água, suporte mecânico, reprodução e resistência ao vento (Küppers, 1989). Em situações nas quais a disponibilidade de recursos é alterada pela presença de plantas vizinhas, é possível relacionar a arquitetura de diferentes espécies com sucesso competitivo (Bazzaz, 1991). As variações na arquitetura (e também nas relações alométricas de uma planta) podem levar a um estado de equilíbrio na coexistência de espécies vegetais ao promover uma diferenciação de nichos durante processos de regeneração e sucessão natural (Grubb, 1977; Küppers, 1989). Correlações entre a forma de crescimento de uma planta e o ambiente indicam que arquiteturas e processos de ramificação específicos são vantajosos em determinados habitats (Küppers, 1989). Um exemplo bastante ilustrativo é a forma das árvores de um manguezal (*Rhizophora mangle*) (Brooks & Bell, 2005). A correlação entre arquitetura e aspectos ecológicos implica que variações individuais na arquitetura são importantes fontes de variações ecológicas (Preston, 1999).

Outro aspecto ecológico influenciado pela arquitetura é a diversidade de insetos e outros artrópodes associados à planta, principalmente fitófagos e parasitas (Lawton 1976; Lawton, 1983; Strong & Levin, 1979). A complexidade estrutural de uma planta pode influenciar a diversidade de artrópodes através da criação de diferentes microhabitats, pelo aumento da capacidade de suporte (o que reduz as chances de extinções estocásticas) e fornecendo refúgios contra predadores (Araújo *et al.* 2006; Espírito Santo *et al.*, 2007; Golçalves-Alvin & Fernandes, 2001).

A arquitetura também tem profundas implicações agrônômicas, influenciando o potencial de uma planta para cultivo, sua produtividade e a eficiência de sua colheita (Reinhardt & Kuhlemeier, 2002). Por exemplo, a arquitetura de parreiras afeta a interceptação de luz e o microclima da própria planta (Louarn *et al.*, 2007), com conseqüências para a aquisição de carbono (Monteith, 1977), qualidade de frutos produzidos (Spayd *et al.* 2002) e controle de doenças (Zahavi *et al.*, 2001).

Quando um recurso adquirido pela planta é alocado em um órgão ou função, tal recurso torna-se indisponível para outro órgão ou função, implicando em uma “escolha” por parte da planta (Weiner, 2004). A alocação diferenciada de recursos resulta na adoção de uma estratégia evolutiva na qual alguns investimentos são priorizados em detrimento de outros. Diferentes formas de alocação refletem diferentes estratégias que, por sua vez, resultam de diferentes pressões seletivas. Tais diferenças de investimento em estruturas (e, conseqüentemente, em funções) influenciam diretamente a arquitetura das plantas e parecem ser mais importantes para várias questões ecológicas que diferenças em mecanismos fisiológicos a níveis celular e molecular (Schwinning & Weiner, 1998). Por exemplo, o crescimento de plantas em condições de pouca iluminação pode ser mais sensível a caracteres arquitetônicos (área foliar e eficiência na disposição das folhas) do que à capacidade fotossintética ao nível da folha (Ackerly & Bazzaz, 1995) e taxas de crescimento distintas podem causar uma grande variação arquitetural em uma mesma espécie de planta (Takahashi, 1996; Wu & Hinckley, 2001). A relação entre estrutura e função nem sempre é direta devido ao fato de que um órgão pode ter várias funções e de que a unidade de medida de alocação (biomassa, por exemplo) pode nem sempre ser a unidade de medida de função (área de superfície, por exemplo). Apesar disso, a análise dos padrões de alocação de recursos é a melhor ferramenta disponível para investigar as prioridades de uma determinada planta (Weiner, 2004).

Pelo exposto acima, torna-se evidente a importância de estudos envolvendo a descrição da arquitetura de espécies vegetais, seja ao nível da comunidade (Kohyama, 1987; Tremmel & Bazzaz, 1995) ou mesmo de uma única espécie (Books & Bell, 2005; Housman *et al.*, 2002; Luken *et al.*, 1995; Steingraeber, 1982). A arquitetura e a ecologia de uma planta são intimamente interdependentes (Tomlinson, 1987). A morfologia funcional pode fornecer uma abordagem essencial a estudos ecológicos, tanto de animais, quanto de vegetais (Fryer, 1988). A descrição da arquitetura de uma espécie vegetal pode elucidar diversos aspectos de sua ecologia e estabelecer relações de causa e efeito entre sua morfologia característica e seus aspectos ecológicos essenciais.

## **1.2. *Lychnophora salicifolia* (Asteraceae)**

A família Asteraceae tem cerca de 22.000 espécies, constituindo a segunda maior família de plantas com flores (Raven *et al.*, 1996). Dos 1.100 gêneros conhecidos, 180 ocorrem no Brasil, incluindo o gênero *Lychnophora*, que é endêmico do território brasileiro (Semir, 1991). Este autor, em uma revisão feita em 1991, constatou a existência de 68 espécies do gênero, em oposição a apenas 11 descritas por Coile & Jones (1981). As espécies de *Lychnophora* são conhecidas popularmente como “arnica” e alguns exemplares (principalmente *L. ericoides*) são utilizados na medicina popular na fabricação de infusões analgésicas, antiinflamatórias e anti-reumáticas (Cerqueira *et al.*, 1987). Todas as espécies apresentam uma distribuição restrita a complexos rupestres de quartzito da Bahia, Minas Gerais e Goiás, ocorrendo em bolsões de solo raso de afloramentos ferruginosos, quartzíticos ou de arenito (Coile & Jones, 1981; Semir, 1991). Algumas espécies se desenvolvem em solos arenosos profundos (Coile & Jones, 1981). As diversas espécies apresentam um microendemismo muito acentuado (Semir, 1991), sugerindo restrição edáfica a substratos específicos ou a diferentes regimes pluviométricos (Coile & Jones, 1981). As espécies com maior distribuição geográfica (*L. salicifolia*, *L. ericoides*, *L. granmogolense*, *L. passerina* e *L. rosmarinifolia*) normalmente são mais polimórficas e apresentam distribuição disjunta em várias localidades. Já as espécies com distribuição mais restrita normalmente são microendêmicas de uma localidade e possuem morfologia mais uniforme (Semir, 1991).

Todas as espécies do gênero são de hábito arbustivo ou subarbustivo. O hábito arbóreo não é encontrado, mas arvoretas são comuns. Foram identificadas pelo menos

oito formas de vida características para as diferentes espécies de *Lychnophora*, que são importantes para a taxonomia do gênero (Figura 1). Apesar das diferenças morfológicas encontradas nos indivíduos adultos, as plântulas das várias espécies apresentam uma morfologia em comum, semelhante a uma bromélia, com um caule curto e espesso, com crescimento monopodial e sem ramos secundários. O que leva à posterior diferenciação em uma das oito formas de vida distintas é a ocorrência (ou não) de supressão da gema apical e mudança no tipo de crescimento de monopodial para simpodial (Semir, 1991). O aspecto das diversas espécies de *Lychnophora* já foi relacionado como adaptação morfológica ao fogo e a habitats xeromórficos (Coile & Jones, 1981).

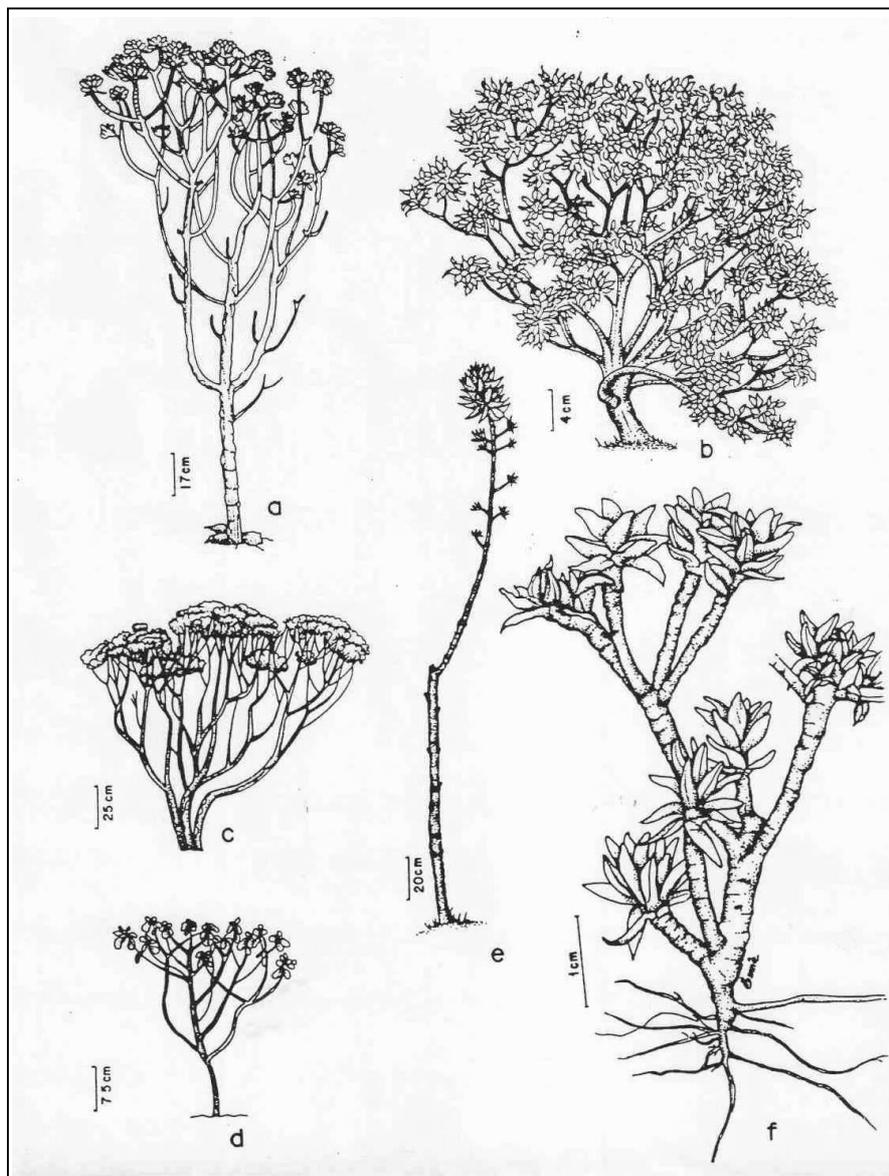


Figura 1: Alguns exemplos de formas de vida encontradas no gênero *Lychnophora*: a - candelabriforme pinóide; b - subdicotômico ericóide; c - heterocomóide; d - subdicotômico eremantóide; e - bromelóide com xilopódio; f - ericóide prostrado com xilopódio (adaptado de Semir, 1991).

*Lychnophora salicifolia* Mart. é a espécie tipo do gênero e apresenta a distribuição mais ampla do mesmo (Figura 2). Pode ser encontrada ao longo da Serra do Espinhaço em elevações de 1000 a 1250m, desde o sul da Bahia, passando pelo estado de Minas Gerais e chegando até o sudoeste de Goiás. *L. salicifolia* normalmente está associada a declives secos formados por pedras soltas, afloramentos areníticos, pedras quartzíticas, campos rupestres úmidos ou a formações abertas de cerrado (Coile & Jones, 1981).

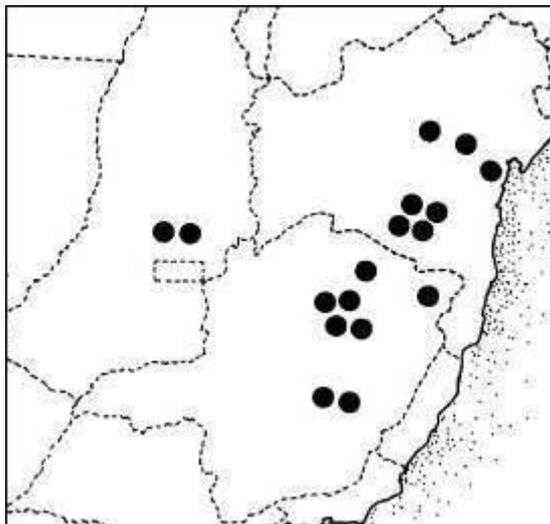


Figura 2: Distribuição de *L. salicifolia* (adaptado de Coile & Jones, 1981)

Apesar de ser uma das espécies mais polimórficas do gênero, *L. salicifolia* normalmente apresenta um hábito de vida candelabriforme (Figura 1-a). Existe um ramo principal ou primário do qual emergem vários ramos secundários. Muitas vezes ramos terciários surgem a partir dos secundários e em alguns indivíduos esse padrão de ramificação se estende com o surgimento de ramos quaternários. Os ramos são posteriormente arqueados e com os ápices voltados para o topo (Semir, 1991), lembrando um candelabro ou um guarda-chuva invertido (Figura 3). Frequentemente, o ápice dos ramos secundários ultrapassa o ramo principal em altura. Quando adulta, a altura de *L. salicifolia* varia entre 1,5m a 2,5m. As folhas longas, com lâminas sésseis e coriáceas, ficam aglomeradas nas porções distais dos ramos, formando várias pequenas copas. A floração e frutificação ocorrem de outubro a maio, mas, ocasionalmente, podem se estender por todo o ano (Coile & Jones, 1981). As inflorescências ficam situadas terminalmente em ramos folhosos laterais, alternos ou subverticilados, sendo

formadas por glomérulos hemisféricos simples. O número de flores (estas, hermafroditas) por capítulo varia de quatro a nove e sua coloração vai do magenta ao lilás (Semir, 1991).



Figura 3: Forma candelabriforme de *Lychnophora salicifolia* (Foto: Rafael Drumond Rossi).

*Lychnophora salicifolia* está incluída em uma lista de espécies aromáticas e medicinais do cerrado com alta prioridade para coleção de germoplasma e conservação (Vieira, 1999). Compostos químicos obtidos a partir de folhas e ramos secos de *L. salicifolia* demonstraram ter uma potente ação antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*, além de propriedades antifúngicas, incluindo contra *Candida albicans* (Miguel *et al.*, 1996). Extratos de folhas e inflorescências de *L. salicifolia* apresentaram uma altíssima atividade tripanocida, eliminando cerca de 91% de formas tripomastigotas de *Trypanosoma cruzi* em camundongos infectados (Jordão *et al.*, 2003). Este mesmo estudo não indicou qualquer propriedade analgésica nos componentes de *L. salicifolia*, embora este uso seja freqüente na medicina popular.

Apesar da prioridade para conservação e do potencial uso farmacêutico de *L. salicifolia* não existem estudos relativos à sua ecologia na literatura (M. Mansanares, comunicação pessoal). Tal escassez se reflete em praticamente todas as espécies do

gênero (Oliveira *et al.*, 2006). Os poucos trabalhos publicados sobre aspectos ecológicos de *Lychnophora* referem-se a estudos florísticos (Carvalho, 1992), fenológicos (Silva, 1994), de germinação (Melo *et al.*, 2007) e de requerimentos nutricionais de *L. pinaster* (Oliveira *et al.*, 2006), além de um estudo de determinação da biomassa aérea e relações alométricas em *L. ericoides* (Andrade & Hay, 2007).

### 1.3. Objetivos

O presente trabalho destinou-se a descrever e comparar a arquitetura aérea de três populações de *L. salicifolia* encontrados na Serra do Cipó (MG), bem como determinar diferenças nutricionais e ecofisiológicas entre as mesmas. Para tal, foram formuladas as seguintes perguntas:

- 1) Quais as diferenças arquitetônicas entre as populações?
- 2) As populações ocupam solos com diferenças edáficas significativas?
- 3) As populações diferem entre si quanto ao estado nutricional e nível de estresse hídrico?
- 4) Como a arquitetura afeta o potencial reprodutivo de *L. salicifolia*?
- 5) A simplificação da arquitetura está relacionada a solos mais estéreis?
- 6) A estrutura populacional e a densidade de indivíduos variam entre as três populações?

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado na Serra do Cipó, no município de Santana do Riacho, localizado a cerca de 100 quilômetros a nordeste de Belo Horizonte (MG). A Serra do Cipó está situada na porção sul da Cordilheira do Espinhaço, no divisor de águas das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Doce (coordenadas: 19°-20°S e 43°-44°W). A altitude na região varia de 800 a 1.700 metros e, pelo sistema de Köeppen, o clima da região é úmido do tipo tropical chuvoso (média pluviométrica anual de 1500 mm), com as chuvas se concentrando entre outubro e março (Madeira & Fernandes, 1999).

Embora o bioma predominante da Serra do Cipó seja o Cerrado, existe um grande mosaico vegetacional na Serra do Cipó devido às variações na altitude, na composição dos solos (Fernades *et al.*, 1997; Giuliatti *et al.*, 1987; Rizzini, 1997; Vitta, 2002), pela proximidade de cursos d'água e lençóis freáticos (Giuliatti *et al.*, 1987; Rizzini, 1997; Vitta, 2002), pela variação na nebulosidade e umidade do ar (Ribeiro *et al.*, 2006) e pelo regime de fogo (Ribeiro, 2007).

A região apresenta uma alta diversidade biológica e um elevado grau de endemismo de espécies da fauna (Silva, 1995; Silva & Bates, 2002; Rodrigues *et al.*, 2005) e flora (Menezes & Giuliatti, 2000; Gomes *et al.*, 2004), sendo considerada uma área prioritária para conservação (Drummond *et al.*, 2005). A Serra do Cipó abriga numerosos mananciais e cursos d'água de excelente qualidade (Callisto & Goulart, 2005) e tem importância estratégica para a conservação de toda a bacia do rio das Velhas (Vieira *et al.*, 2005). A Serra do Cipó é classificada como uma área de importância biológica extremamente alta ou especial (MMA, 1999).

As populações de *L. salicifolia* contempladas no presente estudo localizam-se a cerca de 1.100 metros de altitude, próximas ao final da Trilha dos Escravos.

### 2.2. As 3 Populações

Como já salientado anteriormente, *L. salicifolia* apresenta um alto polimorfismo em sua arquitetura aérea e o presente estudo propôs-se a comparar 3 populações

encontradas na Serra do Cipó em áreas próximas, mas com condições fitofisionômicas e edáficas diferenciadas. É importante salientar que as variações na arquitetura aérea de *L. salicifolia* não se limitam apenas às três populações descritas neste trabalho.

A população C se desenvolve no meio de um campo ou tapete de gramíneas (Figuras 4 e 5). O solo nesta área é relativamente heterogêneo, com algumas manchas de cascalho e até mesmo placas de arenito. Além da presença de *L. salicifolia*, a fitofisionomia é dominada por gramíneas, que formam um denso tapete sobre o solo. Uma primeira visualização da população C já fornece indícios de que sua arquitetura é mais complexa quando comparada com as outras duas populações. O aspecto candelabroforme ou de guarda-chuva invertido é mais pronunciado nesta população. Apresenta um elevado número de ramos secundários e terciários (e, por vezes, quaternários). Normalmente as primeiras ramificações situam-se próximas do solo e há uma quantidade expressiva de inflorescências.

A população A ocorre em um solo mais seco e bastante arenoso, a cerca de 500 metros do campo de gramíneas acima descrito (Figuras 6 e 7). Este solo é mais homogêneo e apresenta alguns tufoes esparsos de gramíneas. Os indivíduos são mais altos, com copas um pouco maiores e um número menor (mas ainda expressivo) de ramificações. Estas ramificações não se situam tão próximas ao solo, quando comparadas com a população C.

A população P ocupa um pequeno morro formado por cascalho e pedras soltas, contíguo à área ocupada pela população A (Figuras 8 e 9). É comum nesta área, a presença de algumas espécies de velózias (*Velozia spp.*). Os indivíduos que se estabelecem nesta área têm estatura semelhante aos exemplares da população A, mas possuem poucas ramificações ou inflorescências. Alguns exemplares carecem de qualquer ramo além do principal. Os ramos secundários, quando presentes, localizam-se longe do solo e os ramos terciários não são comuns.



Figura 4: Visão geral do campo de gramíneas ocupado pela população C (Foto: Rafael Drumond Rossi).



Figura 5: Detalhe da cobertura do solo da área ocupada pela população C (Foto: Rafael Drumond Rossi).



Figura 6: Visão geral da área ocupada pela população A (Foto: Rafael Drumond Rossi).



Figura 7: Detalhe do solo da área ocupada pela população A (Foto: Rafael Drumond Rossi).



Figura 8: Visão geral do morro de cascalho ocupado pela população P (Foto: Rafael Drumond Rossi).



Figura 9: Detalhe do solo pedregoso ocupado pela população P (Foto: Rafael Drumond Rossi).

### 2.3. Arquitetura

Para a caracterização da arquitetura das populações acima descritas, foram marcados 3 transectos paralelos e com cerca de 10 metros de distância entre si em cada uma das áreas. Em cada transecto foram marcados 20 indivíduos aleatoriamente (incluindo plântulas e indivíduos adultos), perfazendo 60 plantas por área. Foram marcados 5 plântulas extras na área da população A, pois nos transectos traçados quase não incluíram indivíduos jovens. Foram escolhidos os seguintes parâmetros morfométricos para a caracterização da arquitetura de cada população:

1. Altura do ramo principal ( $H_{pri}$ );
2. Altura máxima ( $H_{max}$ );
3. Altura da primeira ramificação ( $H_{1r}$ );
4. Diâmetro do ramo principal ( $Di_{pri}$ );
5. Diâmetro total da copa ( $Di_{cop}$ );
6. Número de inflorescências ( $Inflo$ );
7. Número de ramos secundários e terciários ( $Ra$ );
8. Diâmetro da copa individual ( $D_{ci}$ );
9. Comprimento da lâmina foliar ( $Cl_f$ );
10. Comprimento da folha ( $C_f$ );
11. Largura da folha ( $L_f$ ).

A altura do ramo principal ( $H_{pri}$ ) foi medida desde a base da planta até o ápice da pequena copa do mesmo.

A altura máxima ( $H_{max}$ ) foi medida desde a base da planta até o ápice da pequena copa do ramo mais alto.

A altura da primeira ramificação ( $H_{1r}$ ) foi medida desde a base da planta até a base do primeiro ramo secundário. Alguns indivíduos adultos, particularmente da população P, não apresentavam ramificação alguma. A não inserção deste dado poderia prejudicar a interpretação dos resultados, pois tais indivíduos seriam excluídos das análises. Desta forma, optou-se por assumir um valor imaginário para a altura da primeira ramificação como igual ao valor da altura do ramo principal.

O diâmetro do ramo principal ( $Di_{pri}$ ) foi medido a 5 cm do solo, antes de qualquer ramificação.

O diâmetro da copa (Diacop) foi calculado como a média aritmética entre o maior eixo da copa e o eixo perpendicular ao mesmo, devido ao formato irregular do mesmo. Essa medida refere-se ao diâmetro formado pelas ramificações da planta e não deve ser confundida com Dci.

Para a contagem do número de inflorescências (Inflo) foram contabilizadas todas as inflorescências, mesmo aquelas que já estivessem secas ou mortas.

O número de ramos (Ra) foi calculado como a soma dos ramos secundários e terciários. Embora alguns indivíduos apresentassem ramos quaternários, tais ramos não foram incluídos na contagem.

O diâmetro da copa individual (Dci) foi medido a partir de apenas um eixo, pois tais copas são bastante circulares. Essas copas individuais são aquelas formadas na porção terminal de um ramo. Tal medida está relacionada com a quantidade de massa foliar presente no ramo e não com a extensão lateral das ramificações (como Diacop). O Dci foi medido apenas no ramo principal. As duas medidas são equivalentes apenas nos indivíduos que não apresentaram ramificação, normalmente plântulas.

O comprimento da lâmina foliar (Clf) refere-se à extensão do ramo principal ocupado pelas folhas.

O comprimento (Cf) e a largura da folha (Lf) foram medidos em apenas uma folha (coletada aleatoriamente) do ramo principal.

As medições foram feitas durante os meses de setembro e outubro de 2007.

Foi feita uma análise discriminante para verificar se as três populações realmente poderiam ser separadas por seus parâmetros morfométricos. Nesta análise foram incluídos apenas os indivíduos adultos, pois as plântulas apresentam uma morfologia muito semelhante entre as três áreas, semelhante a uma bromélia.

A análise discriminante assume que há uma distribuição normal para cada um de seus parâmetros. Apenas Hpri e Hmax apresentaram distribuição normal, de forma que tornou-se necessário transformar cada uma das medidas morfométricas (Zar, 1999), como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Transformações utilizadas para a normalização das medidas morfométricas.

| <b>Parâmetro Morfométrico</b> | <b>Transformação Utilizada</b> |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Diapri; Diacop                | Log <sub>10</sub>              |
| Inflo; Ra                     | √                              |
| Cf                            | √(+ 0,5)                       |
| Dci; Cf; Lf; H1r              | Não normalizados               |

Não foi possível normalizar os parâmetros “H1r”, “Dci”, “Cf” e “Lf” através de nenhuma transformação utilizada. Apesar disso, tais parâmetros foram incluídos na análise discriminante, pois esta é considerada uma técnica muito robusta e que tolera desvios em suas suposições (Klecka, 1980).

Foram determinadas as relações arquitetônicas entre alguns parâmetros morfológicos de cada uma das três populações a fim de se verificar a existência de variações nas mesmas entre as populações. Foram feitas as seguintes regressões: altura do ramo principal e diâmetro da copa (Hpri X Diacop), altura do ramo principal e número de inflorescências (Hpri X Inflo), diâmetro do ramo principal e altura do ramo principal (Diapri X Hpri), diâmetro do ramo principal e número de ramos (Diapri X Ra), número de ramos e número de inflorescências (Ra X Inflo), comprimento da folha e largura da folha (Cf X Lf). Apenas os indivíduos adultos foram considerados nestas análises.

#### **2.4. Condições Edáficas**

O tipo de solo associado a cada população difere visivelmente (Figuras 5, 7 e 9), sugerindo que as condições edáficas variam bastante em cada uma das áreas. Para poder comparar os três tipo de solo, em setembro de 2007 foram coletadas 4 amostras de solo (20cm de profundidade) de cada área, perfazendo um total de 12 amostras. Todas as amostras foram coletadas próximas aos indivíduos marcados e acondicionadas em sacos plásticos vedados. As características comparadas foram a granulometria, a quantidade de água, a quantidade de matéria orgânica, o pH e as concentrações de macronutrientes (Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K, C, N, P).

Para determinar a granulometria de cada solo, foi utilizado o método de gravimetria (adaptado de Suguio, 1973). Uma porção de cada uma das 12 amostras foi separada e acondicionada em um agitador mecânico por 20 minutos. Foram utilizadas

peneiras de 16mm; 4mm; 2mm; 1mm; 0,5mm; 0,25mm; 0,125mm e 0,063mm. A média das 4 amostras de cada solo foi utilizada para descrever o perfil granulométrico dos mesmos.

Para calcular a quantidade de água presente no solo, foram separadas 3 porções de cada uma das 12 amostras. Foi medido o peso úmido em uma balança de precisão e, logo em seguida, cada porção foi acondicionada em uma estufa a 60°C. Ao final de 4 dias, cada uma das porções foi pesada novamente e a diferença de medida entre as duas pesagens foi considerada como sendo a quantidade de água que estava presente no solo e que foi perdida por evaporação. Essa quantidade de água do solo foi expressa em porcentagem.

As medidas de pH, matéria orgânica e as concentrações de macronutrientes foram feitas pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA).

Foram realizadas ANOVA's para determinar se havia diferenças nas concentrações de matéria orgânica, N, C, K, P,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  e pH. Um teste de ANOVA também foi utilizado para comparar as concentrações de água após a normalização dos dados [ $\log(\text{água} + 1)$ ]. O teste de Tukey foi utilizado como teste *post hoc* nas análises nas quais foram detectadas diferenças, excetuando-se para os valores de pH, para o qual foi utilizado o teste de Fisher LSD. Para comparar as concentrações de  $Ca^{2+}$  foi feito um teste Kruskal-Wallis.

## **2.5. Nutrientes e Estresse Hídrico**

Existem várias maneiras de se aferir o conteúdo de água de uma planta e todas são boas indicadoras do estado hídrico da planta. No presente trabalho foram utilizadas duas técnicas para essa finalidade: medição do potencial hídrico foliar e cálculo do teor relativo de água na folha. O potencial hídrico é a diferença de energia livre que há entre a água sob análise e a água pura ao nível do mar. É usado para indicar a tendência da água de mover em uma direção, sempre do maior para o menor potencial e é expresso em unidades de megapascal (valores sempre negativos; valores menores que -1,5 MPa denotam estresse hídrico) (Grace, 1997). Já o teor relativo de água estima a taxa de desidratação da folha e é expresso como uma porcentagem do conteúdo máximo de água que o tecido foliar pode suportar (Jadoski *et al.*, 2005).

É importante salientar que ambos os valores variam ao longo do dia, de forma que medições realizadas pela manhã, antes do nascer do sol, apresentam independência com relação às condições ambientais diurnas (Bergonci, *et al.*, 2000).

O potencial de água da folha foi obtido com o uso de uma bomba de Schollander em setembro de 2007. Todas as medições foram realizadas entre 05h30 e 06h30 em indivíduos adultos e em plântulas, escolhidos aleatoriamente. Foram medidos 10 adultos e 8 plântulas do população C, 8 adultos e 7 plântulas do população A e 6 adultos e 5 plântulas do população P (uma folha para cada planta).

Para a obtenção do teor relativo de água foi coletada 1 folha de 30 indivíduos adultos e de 5 plântulas de cada população. A coleta foi realizada às 06h:30 em setembro de 2005. Cada folha foi identificada e acondicionada em sacos plásticos dentro de uma caixa de isopor com gelo. As folhas foram pesadas em laboratório em uma balança de precisão a fim de se obter o peso fresco das mesmas (PF). Em seguida, cada folha foi colocada dentro de um recipiente com água destilada. Após 48 horas as folhas foram pesadas novamente para a obtenção do peso túrgido (PT). Finalmente, as folhas foram colocadas em uma estufa a 50°C por mais 48 horas e depois pesadas para a obtenção do peso seco (PS). O teor relativo de água foi calculado através da fórmula:  $(PF - PS) / (PT - PS)$ . O resultado foi expresso em porcentagem.

O teor relativo de água entre as populações foi comparado através de um teste ANOVA. O teste *post hoc* utilizado foi o teste de Tukey. As medidas do potencial hídrico da folha também foram submetidas a uma ANOVA. Neste caso foram feitas três análises: uma para comparar as diferenças entre os adultos de cada população, outra para comparar as diferenças entre as plântulas de cada população e uma terceira para verificar diferenças entre estas categorias etárias.

Foram determinadas a quantidades de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Fe, Cu, Zn, Mn) em 4 indivíduos de cada população, escolhidos aleatoriamente. As folhas do ramo principal de cada indivíduo foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos vedados em uma caixa de isopor com gelo. Posteriormente as folhas foram guardadas em um refrigerador até serem levadas ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), onde foram feitas as análises.

Foram realizadas ANOVA's para determinar se havia diferenças nas concentrações de N, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn. O teste de Tukey foi utilizado como teste *post hoc* nas análises nas quais foram detectadas diferenças, excluindo para as concentrações de Cu e Zn, quando foi utilizado o teste Fisher LSD. Para comparar as

concentrações de K, S e B foram utilizados testes Kruskal-Wallis. O fósforo não foi submetido a nenhum teste estatístico, pois sua concentração foi exatamente a mesma em todas as amostras analisadas.

## **2.6. Densidade, Estrutura Populacional e Potencial Reprodutivo**

As densidades populacionais de cada área foram calculadas através da delimitação de uma faixa de 3 metros de largura ao redor de cada transecto e realizando a contagem de todas as plântulas e de todos os indivíduos adultos encontrados. Foram considerados adultos todos os indivíduos que apresentavam ramificação ou que a altura do ramo principal fosse igual ou maior a 70 cm.

Para caracterizar a estrutura populacional de cada área foi utilizado o parâmetro número de ramos ( $R_a$ ). Foram determinadas 10 classes de tamanho: indivíduos sem ramos (incluindo plântulas e indivíduos adultos sem ramificação), 1-20 ramos, 21-40 ramos, 41-60 ramos, 61-80 ramos, 81-100 ramos, 101-120 ramos, 121-140 ramos, 140-160 ramos e acima de 160 ramos. Nesta análise foram contabilizados apenas os indivíduos marcados anteriormente.

O potencial reprodutivo de cada população foi medido através do número médio de inflorescências. Posteriormente, este valor foi multiplicado pela densidade média de indivíduos adultos em cada área (campo de gramíneas, solo arenoso e solo pedregoso) a fim de se calcular a densidade de inflorescências em cada uma das mesmas.

### 3. Resultados

#### 3.1. Arquitetura

A análise discriminante realizada com os parâmetros de arquitetura de *L. salicifolia* incluiu 41 indivíduos adultos da população C (campo de gramíneas), 57 adultos da população A (solo arenoso) e 52 adultos da população P (solo pedregoso). Todas as medidas morfométricas encontram-se no Anexo 1.

A Tabela 2 apresenta as médias dos parâmetros morfométricos de cada população. A população A apresentou uma altura média do ramo principal (Hpri) maior que as outras duas populações, enquanto a população C possui a menor altura média do ramo principal. A altura máxima é similar entre as populações C e P e maior na população A. A altura da primeira ramificação é similar entre C e A e maior em P. O diâmetro do ramo principal (Diapri) foi menor na população P e apresentou valores bem parecidos entre as populações A e C, embora um pouco maior neste último. O número de inflorescências (Inflo) de P foi um terço dos valores de A e um quarto dos valores de C. O diâmetro da copa individual (Dci) apresentou valores médios decrescentes, sendo maior na população P, intermediário na população C e menor na população A. O comprimento da região foliar (Clf) foi maior na população C, intermediário em P e menor na população A. O comprimento da folha (Cf) foi maior em P, intermediário em C e menor em A. A largura da folha (Lf) seguiu o mesmo padrão do comprimento da mesma. O diâmetro da copa (Diacop) foi maior em A, seguido por C e apresentou um valor bem pequeno em P. Finalmente, as populações A e C apresentaram mais do que o dobro de ramos (Ra) encontrados na população P. É interessante notar que a população C apresenta os maiores desvios-padrões para quase todos os parâmetros morfométricos, enquanto a população P apresenta os menores desvios-padrão.

Tabela 2: Média e desvio-padrão dos parâmetros morfométricos de cada grupo. Legenda: a=solo arenoso; c=campo de gramíneas; =solo pedregoso (valores em cm; exceto Inflo e Ra).

|        | <b>A</b>     | <b>C</b>     | <b>P</b>      |
|--------|--------------|--------------|---------------|
| HPRI   | 130.4 ± 36.6 | 105.2 ± 51.2 | 113.1 ± 33.5  |
| HMAX   | 140.2 ± 32.9 | 121.9 ± 44.3 | 119.5 ± 34.1  |
| H1R    | 42.5 ± 17.8  | 41.6 ± 17.9  | 67.019 ± 26.2 |
| DIAPRI | 3.1 ± 0.74   | 3.4 ± 0.96   | 2.6 ± 0.56    |
| INFLO  | 51.3 ± 42.3  | 69.6 ± 81.7  | 17.3 ± 16.4   |
| DCI    | 15.9 ± 8.7   | 17.0 ± 9.4   | 20.5 ± 6.7    |
| CLF    | 3.4 ± 2.9    | 8.3 ± 7.3    | 4.7 ± 3.9     |
| CF     | 8.8 ± 4.3    | 9.6 ± 5.0    | 10.7 ± 3.4    |
| LF     | 0.42 ± 0.23  | 0.45 ± 0.27  | 0.48 ± 0.16   |
| DIACOP | 79.2 ± 29.9  | 74.5 ± 34.6  | 48.1 ± 17.3   |
| RA     | 50.7 ± 34.3  | 55.4 ± 52.0  | 20.8 ± 18     |

As três populações foram consideradas significativamente diferentes entre si (Wilks  $\lambda = 0,37$ ;  $p < 0,001$ ). A porcentagem média de acertos, isto é, a quantidade de casos acertadamente classificados com sendo da população a qual realmente pertence, foi de 78%. A população C apresentou a maior porcentagem de acertos (83%), enquanto a população A teve a menor porcentagem de acertos (75%). A população P apresentou uma taxa de acertos intermediária (77%) (Tabela 3).

Tabela 3: Matriz de classificação. Legenda: a=solo arenoso; c=campo de gramíneas; p=solo pedregoso.

|                  | <b>A (classificação)</b> | <b>C (classificação)</b> | <b>P (classificação)</b> | <b>% de acertos</b> |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>A (casos)</b> | 43                       | 6                        | 8                        | 75                  |
| <b>C (casos)</b> | 5                        | 33                       | 2                        | 83                  |
| <b>P (casos)</b> | 7                        | 5                        | 40                       | 77                  |
| <b>Total</b>     | 55                       | 44                       | 50                       | 78                  |

É possível constatar pela tabela acima que 6 indivíduos da população A foram erroneamente classificados como sendo da população C (10,5%) e outros 8 foram classificados como pertencentes à população P (14,5%). Apenas 2 indivíduos da população C foram classificados como sendo característicos da população P (5%), enquanto 5 foram classificados como A (13%). A população P teve 7 indivíduos classificados como pertencentes à população A (13,5%) e 5 indivíduos classificados como C (9,5%).

A análise discriminante utilizou apenas duas funções canônicas (Função 1 e Função 2) para separar as três populações, pois o número máximo de funções discriminantes que pode ser derivadas é igual ao número de grupos (neste caso, 3)

menos 1. Assim, é possível representar a distribuição dos mesmos no espaço através de um diagrama bidimensional como o da Figura 10.

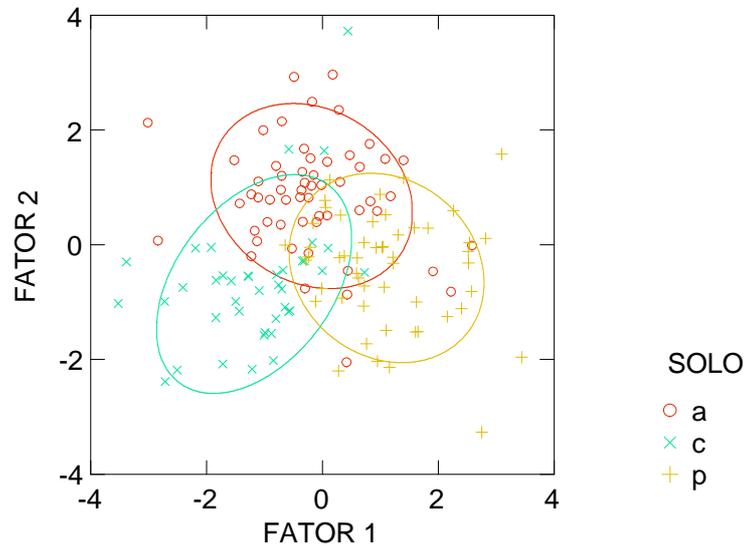


Figura 10: Diagrama das funções canônicas. Legenda: a=solo arenoso; c= campo de gramíneas; p= solo pedregoso.

Cada uma das populações apresenta uma região do espaço característica, limitada por uma elipse de 95% de confiança, confirmando que é possível separá-las parcialmente através de sua arquitetura. Entretanto, como já demonstrado anteriormente (ver Tabela 3), alguns indivíduos foram classificados erroneamente. Isto é melhor visualizado no diagrama: a separação espacial das populações não é completa. Existem áreas de interseção entre as populações e até mesmo alguns indivíduos que se situam bastante distantes das regiões específicas de cada população. Particularmente, a população A apresenta uma grande área de interseção com as outras duas populações, enquanto a área de interseção entre C e P é mais reduzida. Pela Tabela 3 é possível constatar que a maioria das classificações errôneas envolve a população A. Isto ocorre porque esta população apresenta uma arquitetura menos característica do que C e P, estando em uma posição intermediária entre estas últimas (o que pode ser visualizado na Figura 10).

Analisando a Figura 10, nota-se que há uma expressiva área de interseção entre as populações (incluindo uma área na qual é possível encontrar exemplares de todas as

três populações). Alguns indivíduos ficaram completamente fora dos limites gráficos das populações. Apesar disto, a porcentagem média de classificações corretas foi relativamente alta (78%), cerca de 2,5 vezes maior que o esperado para uma classificação aleatória entre três grupos (33%), sugerindo uma provável relação entre a arquitetura aérea de *L. salicifolia* e os diferentes substratos.

A Tabela 4 apresenta os coeficientes padronizados de cada uma das variáveis morfométricas. Tais coeficientes padronizados são extremamente informativos, pois fornecem uma medida da importância relativa de cada variável (os coeficientes não padronizados apenas indicam a contribuição absoluta de cada variável, de forma que não são bons indicadores da importância de cada variável e, portanto, não serão apresentados). A utilidade dos coeficientes padronizados está no fato de que é possível utilizá-los para determinar qual variável contribui mais para determinar cada uma das funções canônicas (Klecka, 1980). Isto é feito examinando-se a magnitude absoluta (ignorando o sinal) de cada um dos coeficientes padronizados.

Tabela 4: Coeficientes discriminantes padronizados. Valores em negrito indicam as variáveis mais importantes para cada função.

|        | <b>Função 1</b> | <b>Função 2</b> |
|--------|-----------------|-----------------|
| HPRI   | 0.341           | <b>0.973</b>    |
| HMAX   | 0.269           | 0.159           |
| H1R    | 0.320           | <b>-0.855</b>   |
| DIAPRI | -0.261          | -0.224          |
| INFLO  | -0.094          | <b>-0.629</b>   |
| DCI    | <b>0.767</b>    | -0.229          |
| CLF    | <b>-0.838</b>   | <b>-0.715</b>   |
| CF     | -0.221          | -0.110          |
| LF     | -0.033          | 0.348           |
| DIACOP | <b>-0.556</b>   | <b>0.579</b>    |
| RA     | -0.208          | <b>-0.448</b>   |

A Função 1 foi mais influenciada pelo diâmetro da copa individual (Dci), pelo comprimento da lâmina foliar (Clf) e pelo diâmetro da copa (Diacop). Já a função 2 foi mais influenciada pela altura do ramo principal (Hpri), pela altura da primeira ramificação (H1r), pelo número de inflorescências (Inflo), pelo comprimento da lâmina foliar (Clf), pelo diâmetro da copa (Diacop) e pelo número de ramos (Ra).

A partir do exposto do parágrafo acima, fica claro que as características arquitetônicas que discriminam melhor as três populações são o diâmetro da copa (Diacop) e o comprimento da lâmina foliar (Clf): ambas as variáveis, diferentemente das outras, são importantes para determinar as duas funções discriminantes. É

importante ressaltar que variáveis muito correlacionadas podem perder poder de separação na análise discriminante (Klecka, 1980). O comprimento foliar (Cf) e a largura foliar (Lf) são altamente correlacionados entre si ( $r = 0,806$ ), de forma que essas duas características não foram consideradas importantes para a separação das populações. Por outro lado, embora o número de ramos (Ra) tenha apresentado uma alta correlação com o número de inflorescências (Inflo) ( $r = 0,891$ ), ambos têm um alto poder de discriminação, demonstrado a sua importância para a separação das populações. Similarmente, o número de ramos (Ra) também é altamente correlacionado com o diâmetro da copa (Diacop) ( $r = 0,799$ ), mas, mesmo assim, esta última variável é uma das mais importantes para discriminar as três populações.

Outros parâmetros importantes são o “eigenvalue” e a correlação canônica (Tabela 5). Cada função canônica tem um “eigenvalue” associado que reflete a importância relativa da mesma para a classificação dos grupos. Essa importância é expressa em porcentagem e pode ser considerada como uma medida do poder discriminante de uma função em relação à outra. Já a correlação canônica (também chamada de  $R^*$ ) é uma medida de associação que resume o grau de proximidade entre os grupos (neste caso, A, P e C) a cada uma das funções canônicas.  $R^*$  varia de 0 (completa falta de associação) a 1 e é uma forma de medir o quanto uma função é útil para determinar as diferenças entre os grupos.

Tabela 5: Eigenvalue e correlação canônica de cada uma das funções.

|          | <b>Eigenvalue</b> | <b>% Relativa</b> | <b><math>R^*</math></b> |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| Função 1 | 0,833             | 64,03             | 0,674                   |
| Função 2 | 0,468             | 35,97             | 0,565                   |

A Função 1 explica 64,03% das diferenças entre os populações, enquanto a Função 2 explica 35,97%. Apesar disso, ambas as correlações canônicas ( $R^*$ ) apresentaram valores relativamente altos e próximos entre si, indicando que a segunda função apresenta uma relação com os grupos quase tão forte quanto a primeira, não devendo, portanto, ser descartada.

A Função 1 é a que apresenta o maior poder discriminante (eigenvalue = 0,833; % relativa = 64,03%;  $R^* = 0,674$ ). A posição das regiões de cada população em relação ao eixo desta função é bastante ilustrativa e demonstra que há um gradiente de variação da arquitetura partindo da população C, passando pela população A e terminando na

população P. A população A apresenta uma arquitetura intermediária entre C e P, o que também pode ser demonstrado pela maior quantidade de classificações errôneas de indivíduos desta população, como já salientado anteriormente.

A correlação entre a altura do ramo principal e o diâmetro da copa foi significativa e positiva para as populações C ( $r^2 = 0,133$ ;  $p = 0,018$ ;  $y = 2,9 + 0,28x$ ), A ( $r^2 = 0,304$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 0,51 + 0,78x$ ) e P ( $r^2 = 0,393$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 0,4 + 0,73x$ ) (Figura 11).

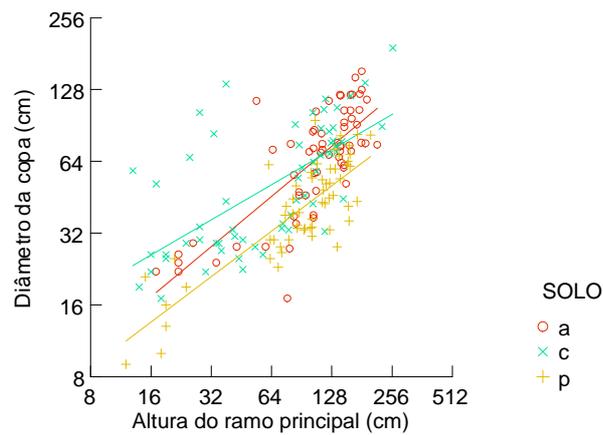


Figura 11: Correlação entre a altura do ramo principal e o diâmetro da copa [legenda: a=solo arenoso ( $p < 0,001$ ); c=campo de gramíneas ( $p = 0,018$ ); p=solo pedregoso ( $p < 0,001$ )].

A correlação entre o diâmetro do ramo principal e a altura do ramo principal também foi significativa e positiva para as populações A ( $r^2 = 0,357$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 4,03 + 0,72x$ ) e P ( $r^2 = 0,335$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 3,95 + 0,78x$ ), mas não foi significativa para a população C ( $p = 0,349$ ) (Figura 12).

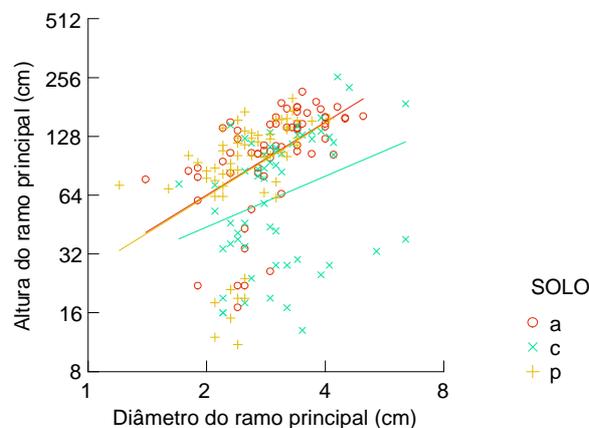


Figura 12: Correlação entre o diâmetro do ramo principal e a altura do ramo principal [legenda: a=solo arenoso ( $p < 0,001$ ); c=campo de gramíneas ( $p = 0,349$ ); p=solo pedregoso ( $p < 0,001$ )].

A correlação entre o diâmetro do ramo principal e o número de ramos foi significativa e positiva para as populações C ( $r^2 = 0,372$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 0,12 + 2,87x$ ), A ( $r^2 = 0,512$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 0,73 + 2,59x$ ) e P ( $r^2 = 0,364$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = 0,64 + 2,34x$ ) (Figura 13).

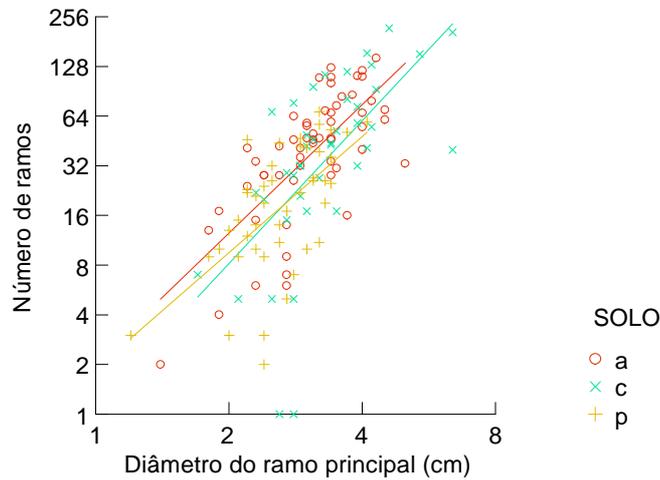


Figura 13: Correlação entre o diâmetro do ramo principal e o número de ramos [legenda: a=solo arenoso ( $p < 0,001$ ); c=campo de gramíneas ( $p < 0,001$ ); p=solo pedregoso ( $p < 0,001$ )].

A correlação entre a altura do ramo principal e o número de inflorescências foi significativa e apenas para as populações A ( $r^2 = 0,266$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -6,45 + 2,05x$ ) e P ( $r^2 = 0,175$ ;  $p = 0,005$ ;  $y = -5,85 + 1,77x$ ). Em ambos os casos as correlações foram positivas. Para a população C, tal correlação não foi significativa ( $p = 0,620$ ) (Figura 14).

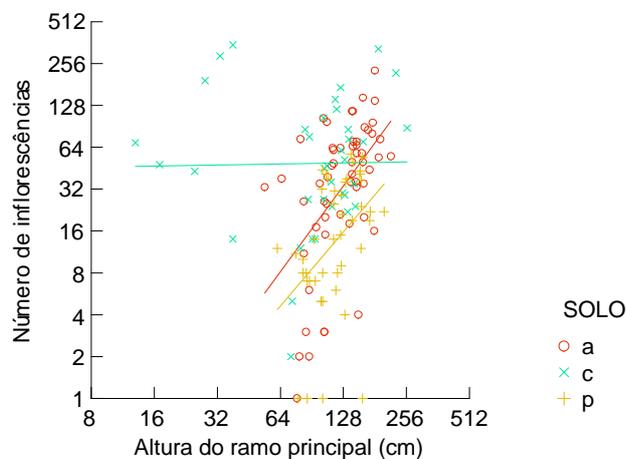


Figura 14: Correlação entre a altura do ramo principal e o número de inflorescências [legenda: a=solo arenoso ( $p < 0,001$ ); c=campo de gramíneas ( $p = 0,620$ ); p=solo pedregoso ( $p = 0,005$ )].

A correlação entre o número de ramos e o número de inflorescências foi significativa e positiva para as populações C ( $r^2 = 0,7798$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -0,45 + 1,13x$ ), A ( $r^2 = 0,8525$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -0,96 + 1,22x$ ) e P ( $r^2 = 0,8841$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -1,03 + 1,24x$ ) (Figura 15).

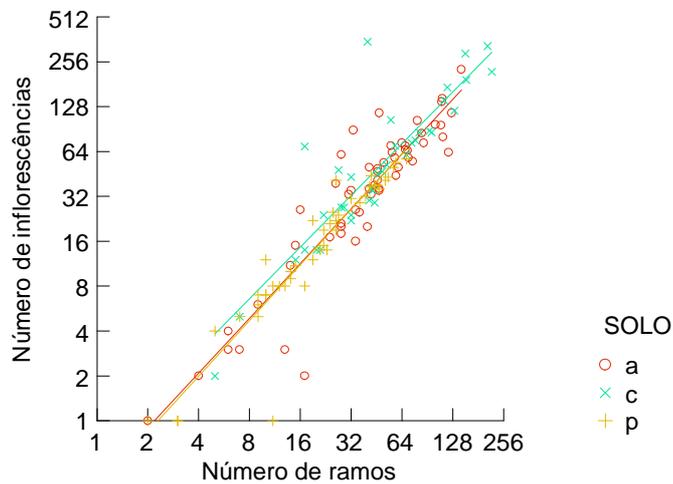


Figura 15: Correlação entre o número de ramos e o número de inflorescências [legenda: a=solo arenoso ( $p < 0,001$ ); c=campo de gramíneas ( $p < 0,001$ ); p=solo pedregoso ( $p < 0,001$ )].

A correlação entre o comprimento e a largura das folhas foi significativa e positiva para as populações C ( $r^2 = 0,52$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -3,32 + 1,09x$ ), A ( $r^2 = 0,19$ ;  $p = 0,002$ ;  $y = -2,25 + 0,65x$ ) e P ( $r^2 = 0,277$ ;  $p < 0,001$ ;  $y = -2,14 + 0,59x$ ) (Figura 16).

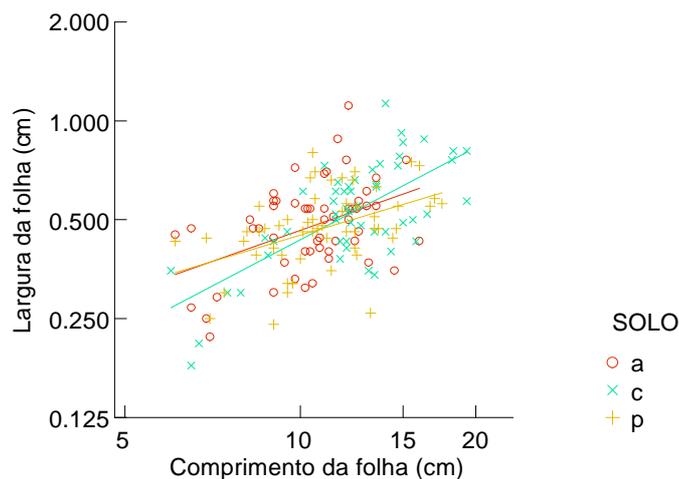


Figura 16: Correlação entre o comprimento e a largura da folha [legenda: a=solo arenoso ( $p = 0,002$ ); c=campo de gramíneas ( $p < 0,001$ ); p=solo pedregoso ( $p < 0,001$ )].

### 3.2. Condições Edáficas

O perfil granulométrico de cada solo está descrito na Tabela 6. É possível constatar que o solo arenoso é composto principalmente por silte (26,66%) e areia fina (25,6%). Já o solo pedregoso é formado principalmente por pedregulhos médios a grandes (53,47%) e pedregulhos finos de 4mm de diâmetro (27,63%). O campo de gramíneas apresentou o perfil granulométrico mais uniforme entre as classes de tamanho, com pouca prevalência de um tamanho de partícula específico. As Figuras 17, 18 e 19 apresentam os gráficos das médias de distribuição das partículas do solo arenoso, do solo pedregoso e do campo de gramíneas, respectivamente.

Tabela 6: Composição do tamanho das partículas dos três solos (arenoso, pedregoso e campo de gramíneas).

| <b>Diâmetro da partícula (mm)</b> | <b>Classificação</b>         | <b>Solo Arenoso (%)</b> | <b>Solo Pedregoso (%)</b> | <b>Campo de gramíneas (%)</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| ≥16                               | Pedregulhos médios e grandes | 0                       | 53,47                     | 10,57                         |
| 4                                 | Pedregulho fino              | 0                       | 27,63                     | 18,73                         |
| 2                                 | Pedregulho muito fino        | 0,7                     | 1,5                       | 18,97                         |
| 1                                 | Areia muito grossa           | 2,63                    | 0,87                      | 8,83                          |
| 0,5                               | Areia grossa                 | 12,27                   | 2,17                      | 8,2                           |
| 0,25                              | Areia média                  | 17,07                   | 2,57                      | 6,22                          |
| 0,125                             | Areia fina                   | 25,6                    | 4,13                      | 11,28                         |
| 0,063                             | Areia muito fina             | 15,07                   | 3                         | 8,07                          |
| <0,063                            | Silte                        | 26,66                   | 4,66                      | 9,13                          |

É necessário ressaltar que estes perfis são válidos apenas para os 20 centímetros de profundidade que foram coletadas as amostras. O solo pedregoso, por exemplo, apresenta pedregulhos apenas nos primeiros dez centímetros. A partir desta profundidade o tamanho das partículas se reduz consideravelmente e o solo assume um aspecto mais arenoso (observação pessoal). Outro aspecto importante é a grande heterogeneidade do solo do campo de gramíneas. Embora os valores apresentados na tabela representem a média das porcentagens obtidas para as 4 amostras, a variação entre tais amostras foi muito expressiva. Apenas uma amostra desse solo apresentou partículas maiores ou iguais a 16mm, enquanto apenas uma outra não apresentou partículas de 4mm. Em campo é possível constatar visualmente esta variação: nos locais que não apresentam uma extensa cobertura de gramíneas foram encontrados solos compostos por pedregulhos, regiões mais arenosas e até mesmo placas de arenito (inclusive com indivíduos adultos de *L. salicifolia* em tais placas).

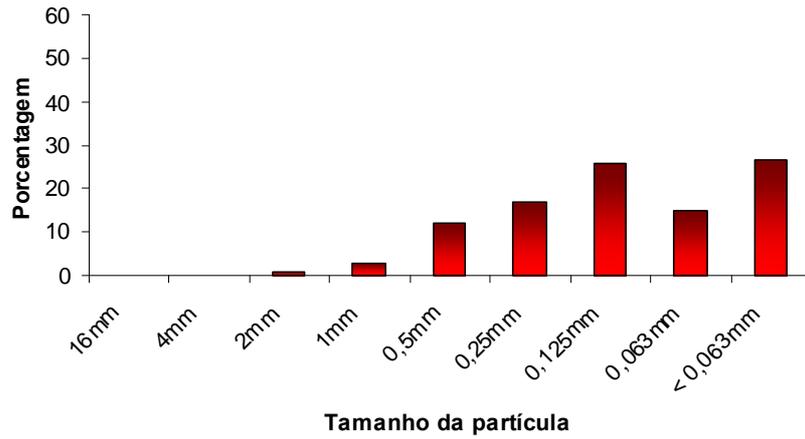


Figura 17: Composição do tamanho das partículas do solo arenoso.

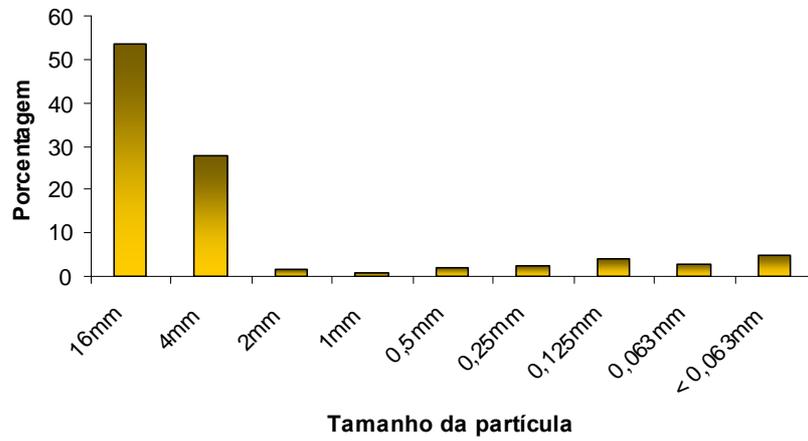


Figura 18: Composição do tamanho das partículas do solo pedregoso

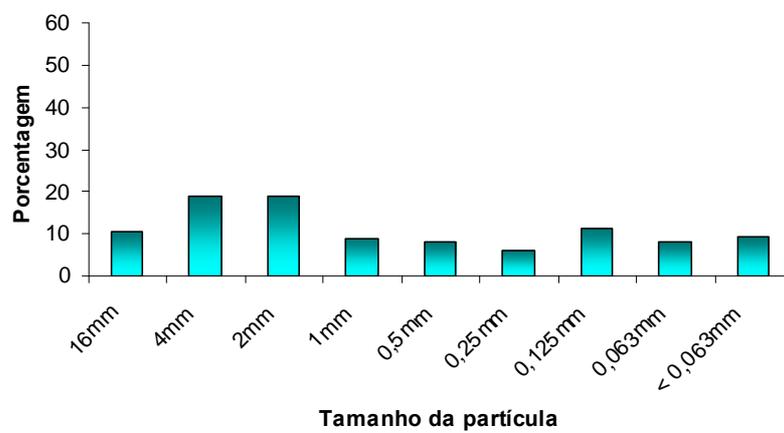


Figura 19: Composição do tamanho das partículas do campo de gramíneas.

A quantidade de água presente em cada solo variou significativamente ( $F = 11,237$ ;  $p < 0,001$ ). Através do teste de Tukey foi constatado que o solo pedregoso difere do campo de gramíneas ( $p < 0,001$ ) e do solo arenoso ( $p = 0,013$ ), apresentando menor quantidade de água que ambos. O mesmo teste não detectou diferenças entre a quantidade de água presente no campo de gramíneas e no solo arenoso ( $p = 0,237$ ) (Figura 20). Tal resultado, entretanto, deve ser analisado com cuidado. Enquanto o solo arenoso e o pedregoso apresentaram uma baixa variância entre as amostras (de 2,2% a 3,5% para o solo arenoso e de 0,5% a 1,8% para o solo pedregoso), a quantidade de água no campo de gramíneas variou bastante, de 0,5% até 13,4%. Embora estatisticamente não tenha sido detectada nenhuma diferença entre a quantidade de água presente no solo arenoso e no campo de gramíneas, este último apresenta maiores amplitude e variação no conteúdo hídrico do substrato (de 0,5% até 13,4%). Como já salientado, a granulometria deste solo é bastante heterogênea (Figura 21) apresentando algumas regiões mais arenosas, pedregulhos espalhados e placas de arenito, o que se reflete em uma maior variação do seu conteúdo de água. O teste de Tukey não conseguiu detectar diferenças entre esses dois solos porque toda a variação de água do solo arenoso (2,2% a 3,5%) está incluída na amplitude de valores da quantidade de água do campo de gramíneas (os testes *post-hoc* de Fisher LSD e Bonferroni também indicaram este mesmo resultado). Além disso, a extensa cobertura de capim que ocorre concomitantemente com a população C sugere que a quantidade de água presente neste substrato é superior às quantidades de água encontradas nos outros dois substratos. A menor quantidade de água encontrada no solo pedregoso é resultado da maior proporção de pedregulhos, o que torna a retenção de água menos eficaz. Soma-se a isso o fato que este solo encontra-se em um morro inclinado, o que provoca um escoamento das águas da chuva para a região contígua mais baixa (neste caso, o solo arenoso).

É importante salientar que as amostragens foram realizadas durante a estação seca e, portanto, indicam o conteúdo de água em uma situação de baixa (ou mesmo nenhuma) recarga atmosférica. Nesta situação de maior estresse hídrico espera-se maior heterogeneidade no conteúdo hídrico do solo, resultando em um mosaico ambiental melhor definido.

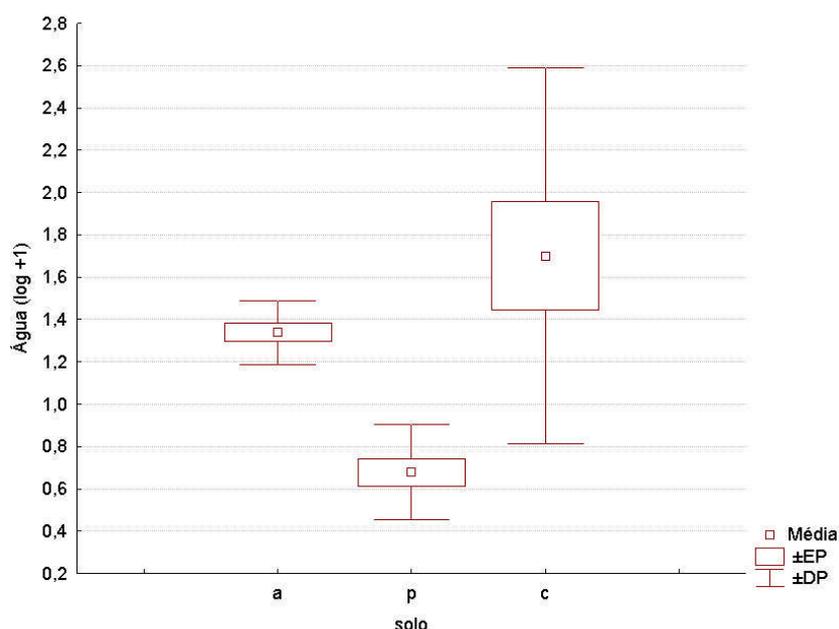


Figura 20: Quantidade de água presente (%) nos três solos (set/2007). Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

As médias das concentrações e os desvios-padrão dos nutrientes e do pH de cada um dos três solos estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7: Valores médios e desvios-padrão do pH e das concentrações de nutrientes em cada solo.

|                                  | A            | C           | P            |
|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| pH                               | 4,6 ± 0,05   | 4,9 ± 0,17  | 4,4 ± 0,17   |
| AL <sup>3+</sup> (cmol.carg/dm3) | 1,12 ± 0,13  | 0,82 ± 0,26 | 1,66 ± 0,37  |
| CA <sup>2+</sup> (cmol.carg/dm3) | 0,05 ± 0     | 0,06 ± 0,02 | 0,1 ± 0,06   |
| MG <sup>2+</sup> (cmol.carg/dm3) | 0,03 ± 0,01  | 0,04 ± 0,01 | 0,05 ± 0,02  |
| P (mg/dm3)                       | 0,75 ± 0,1   | 2,28 ± 0,3  | 2,83 ± 1,3   |
| K (mg/dm3)                       | 26,25 ± 6,19 | 42 ± 15,3   | 50,5 ± 12,12 |
| C (dag/kg)                       | 1,14 ± 0,09  | 2,06 ± 0,9  | 2,05 ± 0,28  |
| N (dag/kg)                       | 0,11 ± 0,01  | 0,17 ± 0,07 | 0,18 ± 0,03  |
| Mat.Org. (dag/kg)                | 1,97 ± 0,15  | 3,56 ± 1,54 | 3,54 ± 0,49  |

Não foram encontradas diferenças significativas entre os três tipos de solos para as concentrações de Ca<sup>2+</sup> (p = 0,081), Mg<sup>2+</sup> (p = 0,164), C (p = 0,064), N (p = 0,071) e matéria orgânica (p = 0,064).

Os valores de pH entre os três solos foram significativamente diferentes (F = 12,329; p = 0,026). O teste *post-hoc* Fisher LSD constatou que todos os solos diferem entre si: o solo arenoso difere do solo pedregoso (p = 0,035) e do campo de gramíneas (p = 0,035), assim como este último difere do solo pedregoso (p < 0,001). Apesar de

todos os solos serem ácidos, o solo pedregoso foi o que apresentou os menores valores de pH, enquanto os maiores valores foram encontrados no campo de gramíneas. O solo arenoso apresentou valores intermediários (Figura 21).

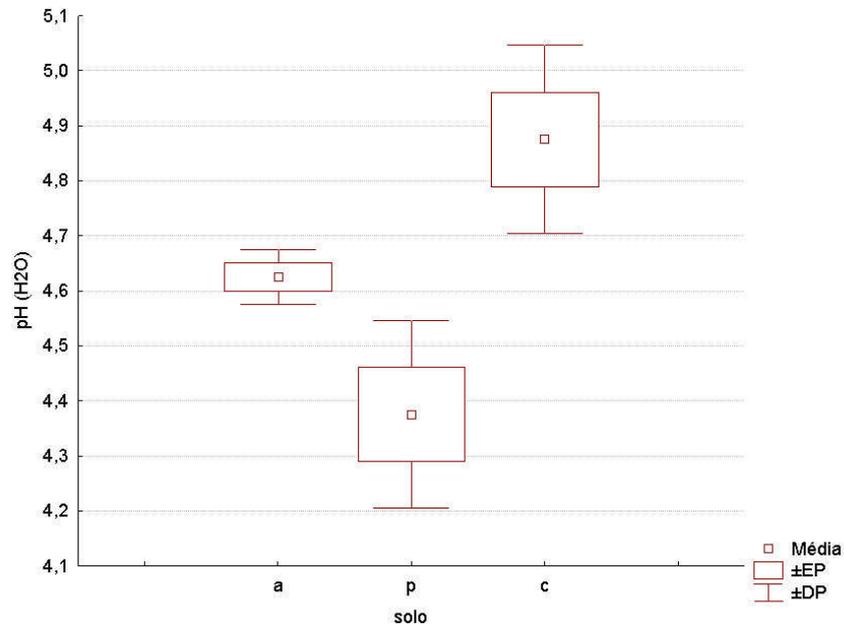


Figura 21: pH em água dos três tipos de solo. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

A concentração de  $Al^{3+}$  nos solos também variou significativamente ( $F = 9,779$ ;  $p = 0,006$ ). O teste *post-hoc* de Tukey identificou o solo pedregoso difere dos demais ( $p = 0,049$  quando comparado com o solo arenoso;  $p = 0,005$  quando comparado com campo de gramíneas). Os valores da concentração de  $Al^{3+}$  não variaram entre o solo arenoso e o campo de gramíneas ( $p = 0,308$ ), sendo menores que os encontrados no solo pedregoso (Figura 22).

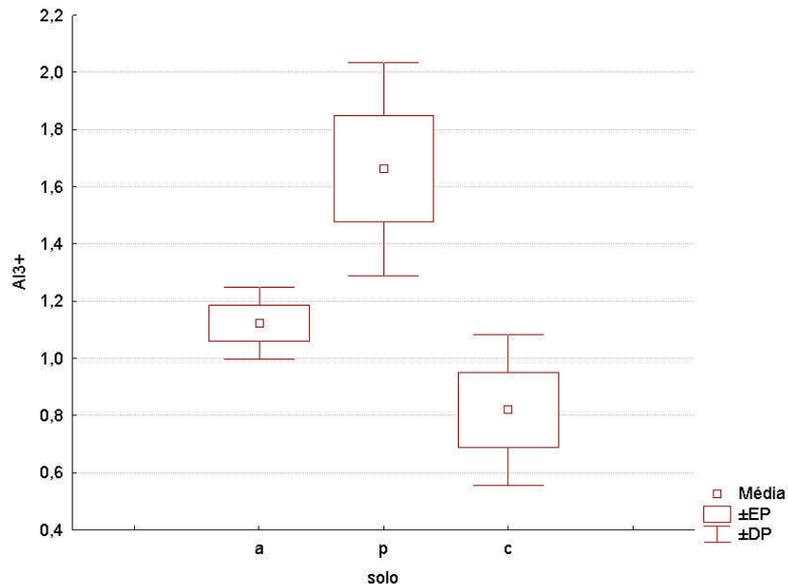


Figura 22: Concentrações de  $Al^{3+}$  (cmol.carga/dm<sup>3</sup>) em cada um dos solos. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

As concentrações de P em cada um dos solos variaram significativamente ( $F = 7,813$ ;  $p = 0,011$ ). O teste de Tukey acusou diferenças entre o solo arenoso e o pedregoso ( $p = 0,01$ ), bem como entre o solo arenoso e o campo de gramíneas ( $p = 0,049$ ). As concentrações de P não variaram entre o solo pedregoso e o campo de gramíneas ( $p = 0,589$ ). Os valores obtidos para o solo arenoso foram bem menores que os valores encontrados nos outros dois solos (Figura 23).

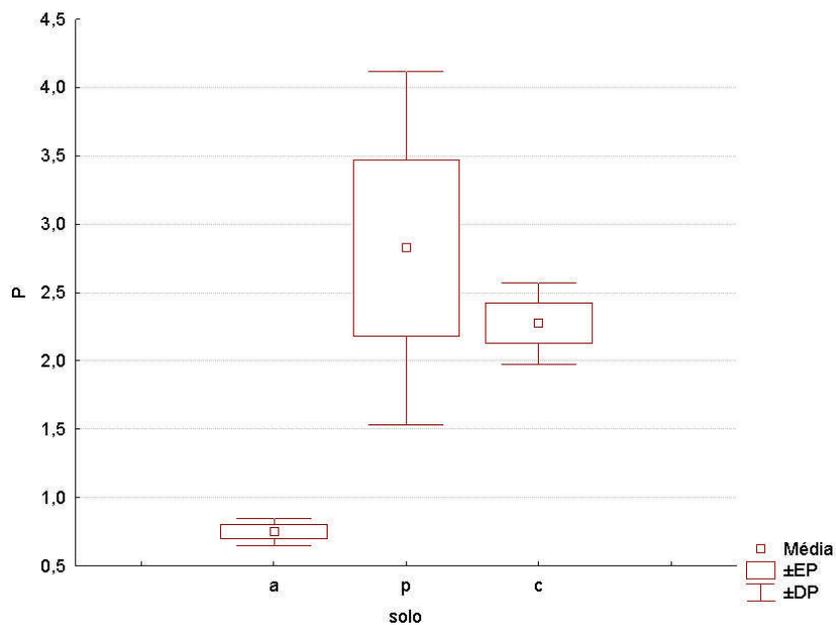


Figura 23: Concentrações de P (mg/dm<sup>3</sup>) em cada um dos solos. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

As concentrações de K foram diferentes em cada solo ( $F = 4,333$ ;  $p = 0,048$ ). O teste de Tukey detectou diferenças entre o solo pedregoso e o solo arenoso ( $p = 0,042$ ), mas não detectou diferenças entre o campo de gramíneas e os outros solos. O solo arenoso apresenta menores concentrações de K que o solo pedregoso, enquanto as concentrações encontradas no campo de gramíneas são intermediárias em relação aos outros solos, não diferindo de ambos (Figura 24).

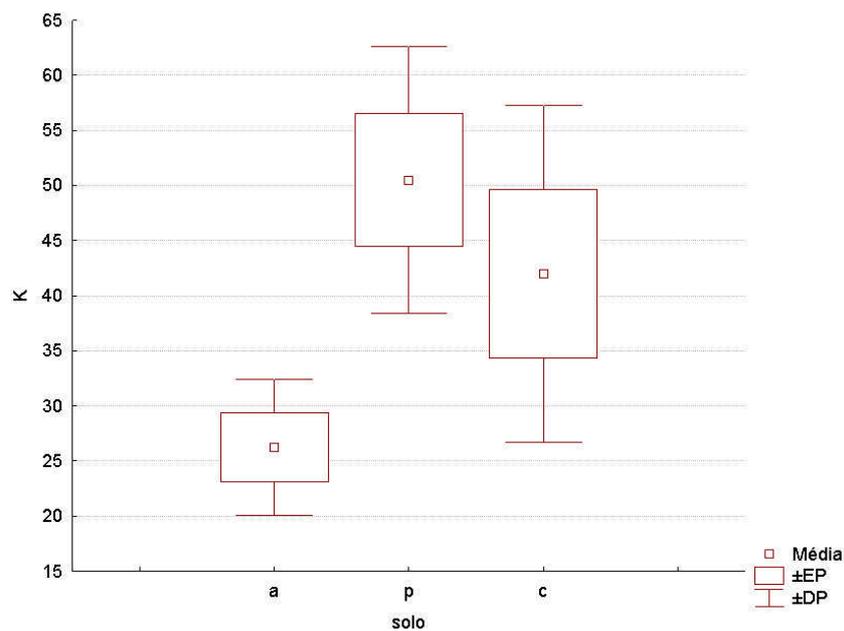


Figura 24: Concentrações de K ( $\text{mg/dm}^3$ ) em cada um dos solos. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas ( $n = 4$ ).

### 3.3. Nutrientes e Estresse Hídrico

As médias das concentrações e os desvios-padrão dos nutrientes nos tecidos vegetais de cada uma das populações estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Médias e desvios-padrão das concentrações dos nutrientes nos tecidos vegetais de cada uma das populações.

|          | <b>A</b>        | <b>C</b>       | <b>P</b>        |
|----------|-----------------|----------------|-----------------|
| N (%)    | 0,72 ± 0,09     | 0,72 ± 0,05    | 0,66 ± 0,08     |
| P (%)    | 0,04 ± 0        | 0,04 ± 0       | 0,04 ± 0        |
| K (%)    | 1,34 ± 0        | 1,21 ± 0,18    | 1,32 ± 0,14     |
| Ca (%)   | 0,34 ± 0,1      | 0,3 ± 0,06     | 0,32 ± 0,04     |
| Mg (%)   | 0,1 ± 0,02      | 0,15 ± 0,03    | 0,09 ± 0,02     |
| S (%)    | 0,04 ± 0        | 0,05 ± 0,01    | 0,05 ± 0        |
| B (ppm)  | 17,5 ± 6,46     | 22,5 ± 11,9    | 15 ± 0          |
| Fe (ppm) | 182,5 ± 69,56   | 465,5 ± 193,81 | 289,5 ± 52,92   |
| Cu (ppm) | 10,5 ± 1,29     | 7,75 ± 1,71    | 8 ± 1,16        |
| Zn (ppm) | 18,75 ± 1,71    | 30,75 ± 5,74   | 26,25 ± 4,86    |
| Mn (ppm) | 859,75 ± 413,79 | 827,5 ± 281,12 | 843,25 ± 300,32 |

As três populações não apresentaram diferenças em relação às concentrações de K ( $p = 0,287$ ), S ( $p = 0,077$ ), B ( $p = 0,45$ ), N ( $p = 0,48$ ), Ca ( $p = 0,773$ ), Mn ( $p = 0,991$ ) e P. Como salientado anteriormente, as concentrações de fósforo nas folhas foram idênticas em todas as amostras analisadas (0,04%), de forma que não foi realizado nenhum teste estatístico.

As concentrações de Mg nas folhas de cada população apresentaram diferenças significativas ( $F = 6,907$ ;  $p = 0,015$ ). O teste de Tukey indicou que a população A possui as mesmas concentrações de Mg que a população P ( $p = 0,788$ ) e que ambos diferem da população C ( $p = 0,047$  quando comparado com a população A;  $p = 0,017$  quando comparado com a população P). Os indivíduos provenientes do campo de gramíneas apresentaram concentrações muito maiores de Mg nos tecidos foliares do que os indivíduos provenientes dos solos arenoso e pedregoso (Figura 25).

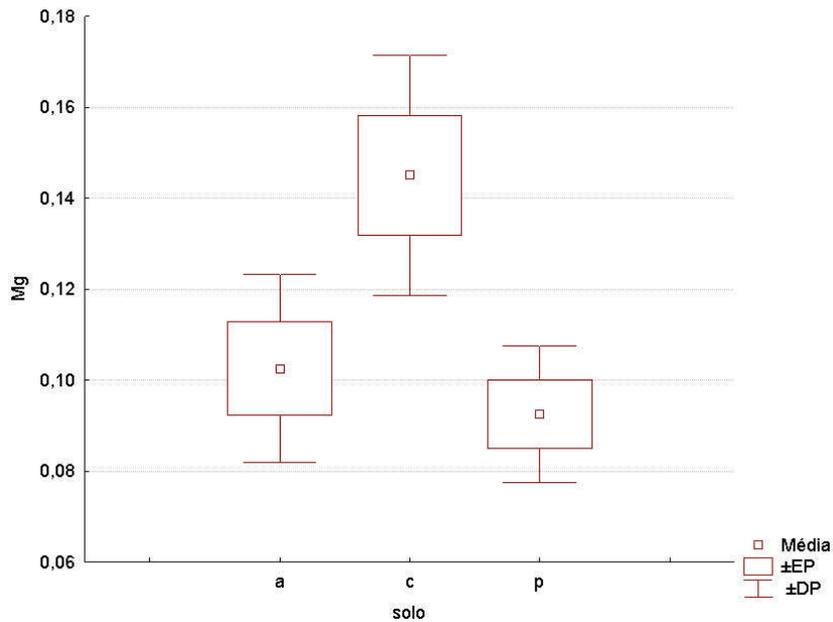


Figura 25: Concentração de Mg (%) nas folhas de cada um das populações. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

As concentrações de Fe variaram significativamente entre as populações ( $F = 5,421$ ;  $p = 0,029$ ). Entretanto, o teste de Tukey detectou diferenças apenas entre a população A e o população C ( $p = 0,01$ ), sendo que as concentrações de Fe neste último são maiores do que as do primeiro. As concentrações de Fe na população P não diferiram das concentrações da população A ( $p = 0,465$ ) e da população C ( $p = 0,161$ ), estando em uma posição intermediária (Figura 26).

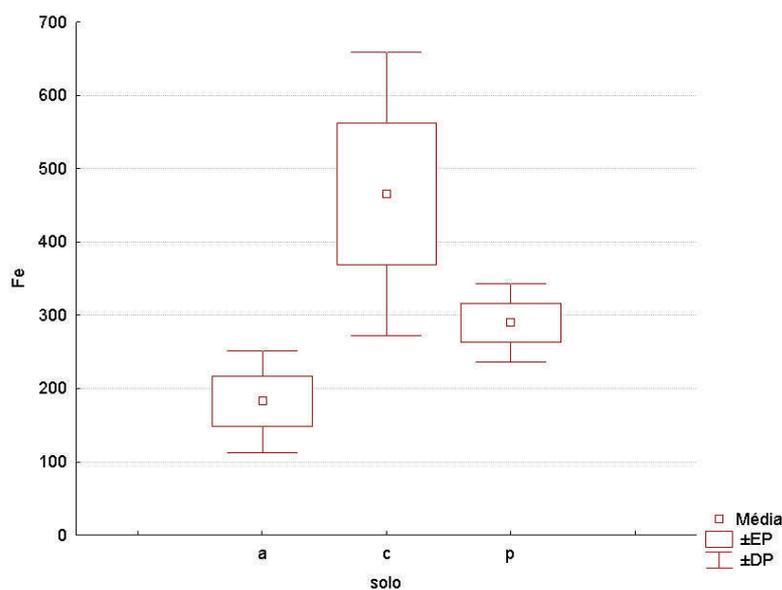


Figura 26: Concentração de Fe (ppm) nas folhas de cada um das populações. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

As concentrações de Cu também variaram entre as populações ( $F = 4,69$ ;  $p = 0,04$ ). O teste Fisher LSD detectou diferenças entre a população A e a população C ( $p = 0,022$ ), bem como entre a população A e a população P ( $p = 0,033$ ). As populações P e C não diferiram quanto as concentrações de Cu nas folhas ( $p = 0,807$ ). Os valores encontrados para as concentrações de Cu na população A foram maiores do que as concentrações deste mesmo nutriente nas outras duas populações (Figura 27).

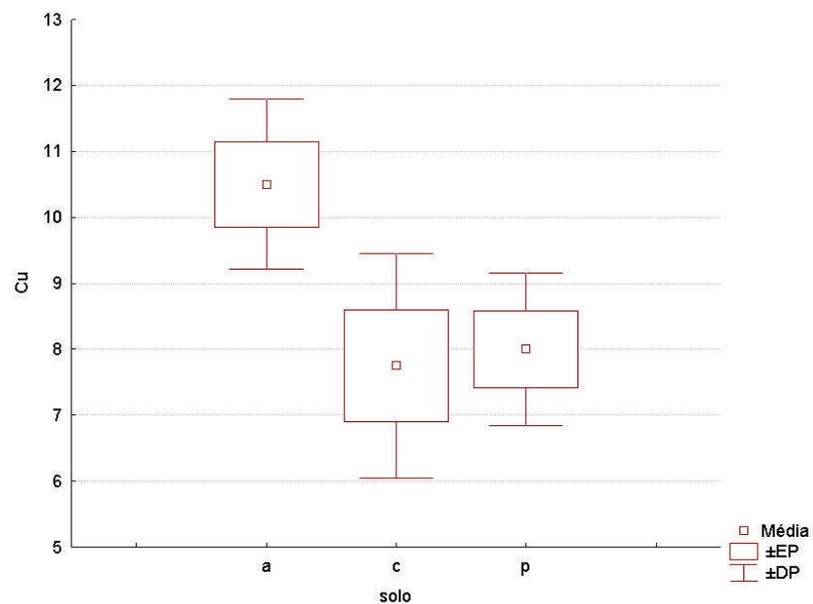


Figura 27: Concentração de Cu (ppm) nas folhas de cada um das populações. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n=4).

Os valores Zn diferiram significativamente entre as populações ( $F = 7,422$ ;  $p = 0,125$ ). O teste Fisher LSD detectou diferenças entre as populações A e C ( $p = 0,004$ ), bem como entre A e P ( $p = 0,041$ ), mas não detectou diferenças entre as populações C e P ( $p = 0,187$ ). As concentrações foliares de Zn foram menores na população A quando comparadas com as concentrações obtidas para as populações C e P (Figura 28).

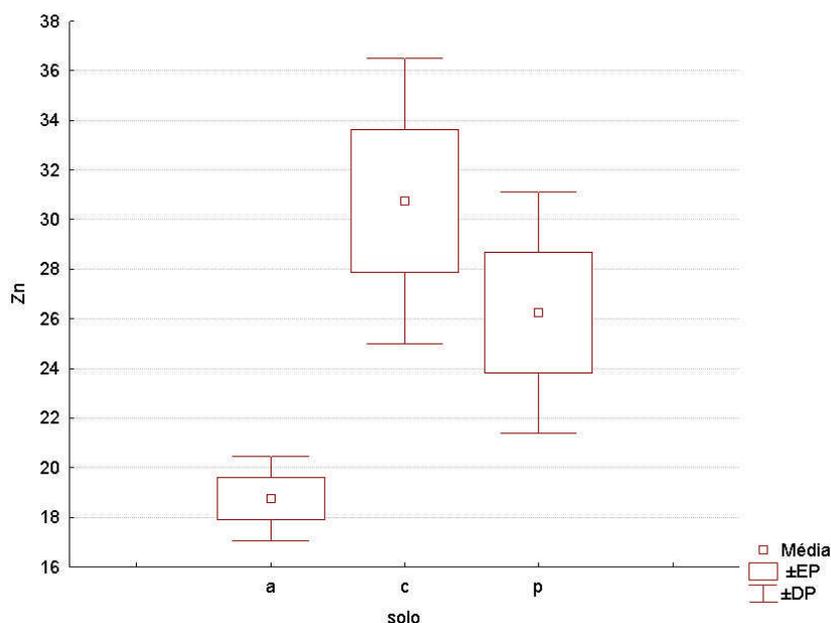


Figura 28: Concentração de Zn (ppm) nas folhas de cada um das populações. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n =4).

O potencial hídrico da folha não apresentou diferenças significativas entre os adultos ( $p = 0,378$ ) e plântulas ( $p = 0,734$ ) das diferentes populações, assim como não houve diferenças entre indivíduos de estágios diferentes ( $p = 0,274$ ). É importante ressaltar que mais da metade dos indivíduos amostrados (27 em 43), apresentaram valores iguais ou menores que -1,5 megapascal, indicando que tais indivíduos encontravam-se sob estresse hídrico.

Os valores dos teores relativos de água não apresentaram diferença nas plântulas ( $F = 5,28$ ;  $p = 0,148$ ), mas foram diferentes entre as plantas adultas ( $F = 5,34$ ;  $p = 0,007$ ). O teste de Tukey indicou que a diferença encontra-se entre as plantas da população A e as plantas da população P ( $p = 0,005$ ), sendo que as primeiras possuem um maior teor relativo de água do que as últimas. As plantas da população C não apresentaram diferenças significativas quando comparadas com a população A ( $p = 0,119$ ) e com a população P ( $p = 0,444$ ), estando em uma posição intermediária (Figura 29). Todos os valores encontrados indicam estresse hídrico ( $< 0,75$ ).

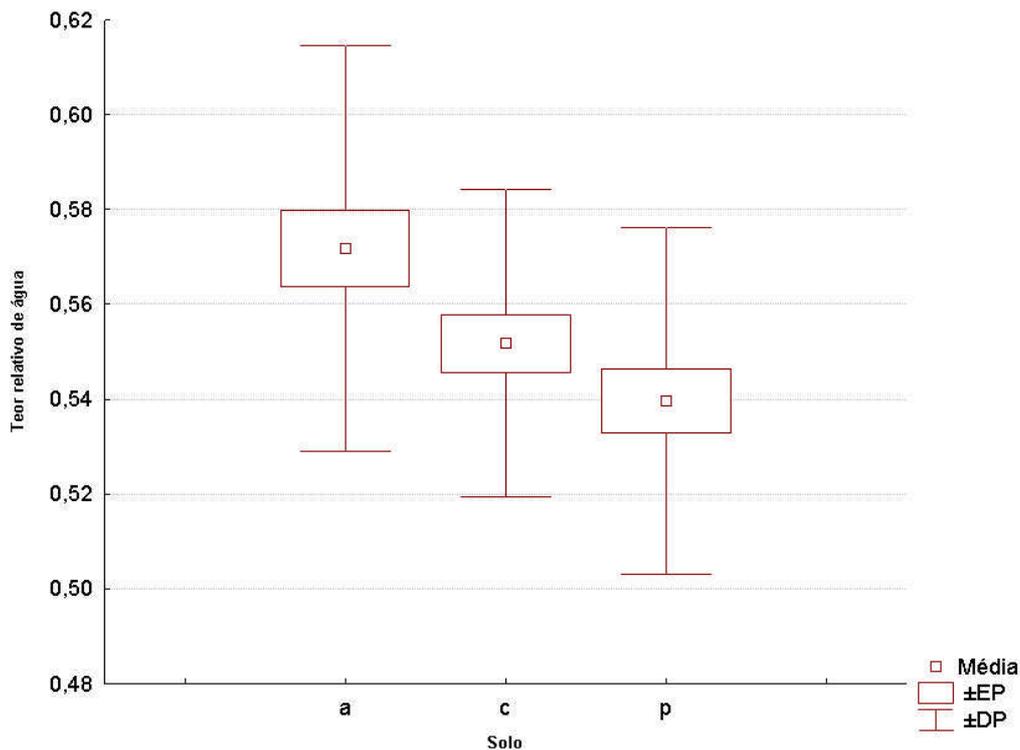


Figura 29: Teor relativo de água (%) das folhas de indivíduos adultos de cada uma das três populações. Legenda: EP=erro-padrão; DP=desvio-padrão; a=arenoso; p=pedregoso; c=campo de gramíneas (n=30).

### 3.4. Densidade, Estrutura Populacional e Potencial Reprodutivo

A densidade de *L. salicifolia* em cada área está descrita na Tabela 9. As densidades encontradas foram diferentes nos três tipos de solo. O campo de gramíneas apresentou o menor valor dentre as três áreas, enquanto o solo pedregoso apresentou o maior valor. Entretanto, tais diferenças não foram significativas ( $F = 2,51$ ;  $p = 0,16$ ).

Tabela 9: Densidade de *L. salicifolia* em cada área (adultos e plântulas).

| Solo               | Densidade               |
|--------------------|-------------------------|
| Arenoso            | 0,89 ind/m <sup>2</sup> |
| Pedregoso          | 1,09 ind/m <sup>2</sup> |
| Campo de gramíneas | 0,66 ind/m <sup>2</sup> |

A estrutura populacional também diferiu entre as áreas (Figuras 30, 31 e 32). O população A apresentou apenas 3 indivíduos na classe 0. As classes de tamanho mais representativas foram 1-20, 21-40, 41-60 e 61-80. Não foi encontrado nenhum indivíduo da classe > 160. O população P concentrou quase todos os indivíduos nas

classes 0, 1-20 e 21-40. Foi encontrado apenas 1 indivíduo da classe 61-80 e nenhum em classes posteriores. Ressalta-se que esta população foi a única a apresentar indivíduos adultos na classe 0 (cerca de metade dos membros desta classe), isto é, plantas adultas que não apresentam ramificação nenhuma. Finalmente, a população C apresentou o maior número de indivíduos da classe 0, com concentrações expressivas nas classes 1-20, 21-40 e 41-60. Esta população foi a única a ter um representante na classe etária > 160.

Como já salientado anteriormente, o número médio de inflorescências por indivíduo foi maior na população C, intermediário na população A e menor na população P (Tabela 2). Um único exemplar de *L. salicifolia* do campo de gramíneas produz 4 vezes mais inflorescências do que um indivíduo da população P e cerca de um terço a mais quando comparado com indivíduos do solo arenoso. Entretanto, a quantidade total de inflorescências produzidas por todos os representantes adultos da população A é muito superior à mesma quantidade produzida pelos indivíduos do campo de gramíneas: a concentração de inflorescências no solo arenoso é de 45,58 inflo/m<sup>2</sup>, enquanto no campo de gramíneas essa concentração é de 25,75 inflo/m<sup>2</sup>. Já no solo pedregoso a concentração é muito baixa: 12,46 inflo/m<sup>2</sup>.

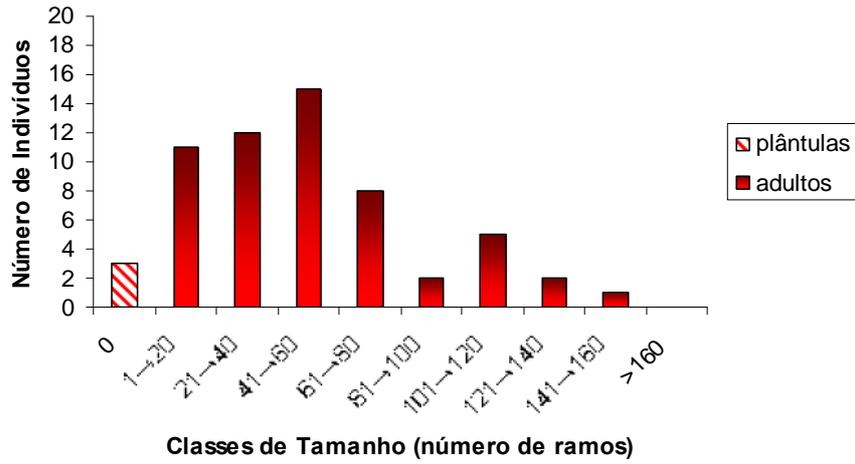


Figura 30: Estrutura populacional da população A (solo arenoso).

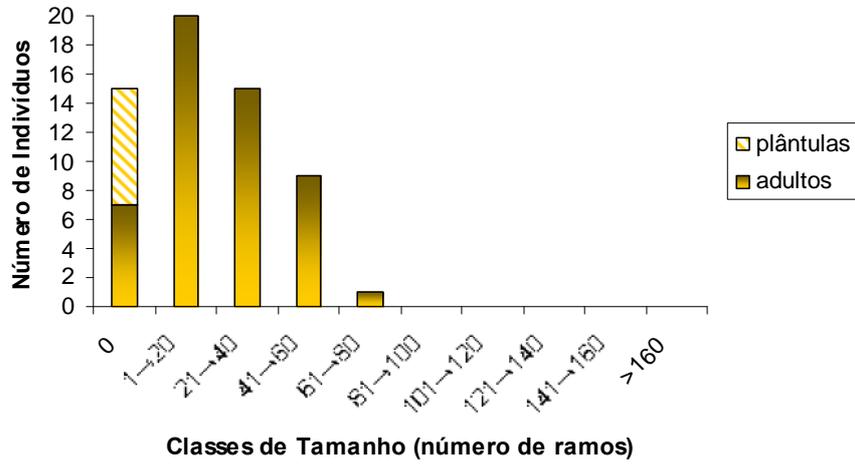


Figura 31: Estrutura populacional da população P (solo pedregoso).

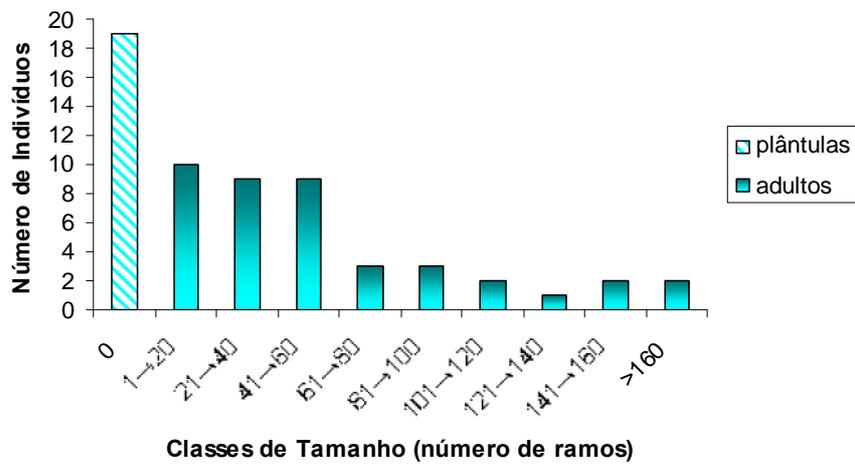


Figura 32: Estrutura populacional da população C (campo de gramíneas).

## 4. Discussão

Foi possível discriminar os indivíduos de *L. salicifolia* através de sua arquitetura aérea em três morfotipos. Tal resultado já era esperado, pois as diferenças podem ser percebidas visualmente através de uma inspeção casual. Entretanto, tal discriminação não foi totalmente efetiva.

As diferentes porcentagens de erros de classificação sugerem que a arquitetura da população A é mais próxima da arquitetura da população P do que da população C. Este último apresenta a arquitetura mais característica, demonstrada por uma menor porcentagem de classificações errôneas. As populações P e C raramente são confundidas entre si: a maioria dos indivíduos erroneamente classificados dessas populações foi considerada como pertencente à população A.

A falta de limites gráficos bem definidos entre os populações e a ocorrência de indivíduos erroneamente classificados demonstram que a arquitetura aérea de *L. salicifolia* não varia de uma forma estritamente pontual; embora os três grupos morfológicos apresentem uma certa definição e sejam bastante correlacionados com o solo, existe uma gradação na arquitetura das três populações. Cerca de 22% dos indivíduos estudados apresentaram arquiteturas típicas de outros solos. Esses resultados sugerem que há uma heterogeneidade de microhábitats em cada solo, com a presença de bolsões que apresentam características edáficas diferenciadas e que se assemelham com as características encontradas em outros solos (por exemplo, bolsões com características do solo arenoso encontradas no solo pedregoso). As variações arquitetônicas encontradas em *L. salicifolia* muito provavelmente são o resultado de um alto grau de plasticidade fenotípica e não à existência de três ecotipos distintos com alta especificidade de hábitat.

Brooks & Bell (2005) utilizaram uma abordagem similar para discriminar a arquitetura de duas populações de *Rhizophora mangle* de acordo com o tipo de hábitat. Neste estudo, os autores usaram separadamente características arquitetônicas de raízes e do caule em duas análises discriminantes distintas. Diferentemente de *L. salicifolia*, *R. mangle* não apresenta uma arquitetura aérea altamente relacionada com o ambiente. Os parâmetros obtidos com as medidas das raízes, embora mais eficientes que os primeiros parâmetros, também não conseguiram separar satisfatoriamente as duas populações. Apenas quando ambas as características arquitetônicas (raízes e caule) foram utilizadas

em conjunto, houve uma separação maior, ainda que pouco pronunciada: 66% de acerto para um sistema de duas populações. Tal porcentagem de acertos é muito baixa, considerando-se que a porcentagem de acertos para uma classificação aleatória em duas categorias apenas seria de 50%. No presente estudo, a porcentagem de acertos é de 78%, ou seja, quase 2,5 vezes maior que o obtido através de uma classificação aleatória para três categorias (cuja porcentagem de acertos seria de 33%). Entretanto, os resultados obtidos por Brooks & Bell (2005) indicam que se poderia obter uma separação ainda maior dos três populações de *L. salicifolia* com o uso concomitante da descrição da arquitetura de seu sistema radicular.

Em estudo semelhante, Housman *et al* (2002) conseguiram discriminar a arquitetura aérea de populações de *Encelia farinosa* (Asteraceae, mesma família de *L. salicifolia*) provenientes de áreas costeiras e desérticas. Ao contrário do que é observado em *L. salicifolia*, *E. farinosa* apresentou folhas menores e maior quantidade de ramos em ambientes mais secos, embora as plantas costeiras tenham um porte mais avantajado do que as plantas do deserto. Ademais, a população do deserto apresentava ramificações mais próximas do solo. Em *L. salicifolia* o padrão observado é exatamente o oposto: nas áreas mais secas, *L. salicifolia* ramifica mais tardiamente quando comparada com ambientes mais úmidos. A menor quantidade de ramos na população costeiro de *E. farinosa* ocorre devido à estação úmida prolongada e a maiores taxas de crescimento: cada ramo cresce muito antes de se ramificar. No final da estação de crescimento, cada ramo de *E. farinosa* sempre dá origem a dois novos ramos (M. Price, comunicação pessoal), de forma que quando as taxas de crescimento são pequenas, as distâncias entre os ramos são menores. A ramificação em *E. farinosa* ocorre no final de toda estação de crescimento, não importando as condições ambientais. Já a ramificação em *L. salicifolia* não ocorre de maneira tão determinística: os novos ramos parecem ser produzidos apenas quando as condições ambientais são favoráveis. Assim, a forma de crescimento de *L. salicifolia* é completamente diferente de *E. farinosa*. Enquanto *L. salicifolia* acumula a maior parte da sua biomassa através do aumento do número de ramos, *E. farinosa* se vale principalmente do crescimento dos ramos já existentes para esta mesma finalidade, resultando em arquiteturas contrastantes em condições ambientais similares. Ressalta-se que grande parte das diferenças encontradas na arquitetura aérea de *E. farinosa* é devido à alta plasticidade fenotípica desta espécie (Housman *et al*, 2002), o que provavelmente também é verdadeiro para *L. salicifolia*.

As variações nas relações morfométricas entre os mesmos parâmetros arquitetônicos nos três populações demonstram que cada substrato impõe pressões seletivas diferentes sobre *L. salicifolia*. Algumas das retas de regressão obtidas são específicas para cada população (Figuras 11 e 14). Nestes casos, as trajetórias não são fixas, isto é, as distintas arquiteturas resultantes não fazem parte de um continuum, cuja variação encontrada seria explicada apenas pela aglomeração das populações em regiões específicas de uma mesma reta de regressão. Essa variação morfométrica encontrada sugere que as diferentes arquiteturas são respostas adaptativas às diversas condições edáficas. *L. salicifolia* apresenta diferentes estratégias de alocação, priorizando algumas características em detrimento de outras em cada um dos diferentes solos. Parte das diferenças arquitetônicas nos indivíduos de cada área é decorrente de alterações nos padrões de crescimento e alocação de recursos em cada um dos três populações. Entretanto, esse padrão não pode ser generalizado: as populações A e P apresentaram retas de regressão idênticas para algumas das relações morfométricas (Figuras 12 e 16). Ademais, algumas das regressões foram muito similares em todas as três populações (Figuras 13 e 15). Isto sugere que alguns parâmetros morfométricos de *L. salicifolia* são mais plásticos que outros e que mesmo uma alta plasticidade fenotípica não consegue exceder limites físicos elementares: o diâmetro do ramo principal (Diapr) apresenta correlações similares com o número de ramos (Ra) nos três populações. Tal resultado era esperado, pois quanto maior o número de ramos de um indivíduo, maior é peso que seu ramo principal deve suportar.

Weiner & Fischman (1994) estudaram a variação de algumas relações entre parâmetros arquitetônicos em *Kochia scoparia* (arbusto anual da família Chenopodiaceae) em ambientes de alta densidade e baixa densidade. Da mesma forma que em *L. salicifolia*, parte destas relações mostraram-se bastante plásticas (massa x altura; diâmetro do ramo x área foliar), enquanto outras apresentaram trajetórias fixas em ambas situações (comprimento total do ramo x área foliar; massa x diâmetro do ramo). As mudanças nas relações arquitetônicas de *K. scoparia* foram consideradas como sendo resultado de diferentes níveis de competição intraespecífica, pois todos os indivíduos estudados eram provenientes de um mesmo substrato. Em *L. salicifolia* esse fenômeno parece ser resultante de diferenças na disponibilidade de recursos entre as três áreas. As relações que não apresentam variação entre as populações provavelmente refletem limites na forma de crescimento da planta e na sua resposta a fatores ambientais diversos (Weiner & Fischman, 1994).

Determinados parâmetros arquitetônicos estão nitidamente relacionados com a ecologia de *L. salicifolia*: o número de inflorescências está claramente ligado ao potencial reprodutivo (quanto maior o número de inflorescências, maior o potencial reprodutivo). Já o número de ramos, a altura do ramo principal e o diâmetro da copa estão correlacionados com o crescimento vegetativo. Finalmente, o tamanho e a quantidade de folhas podem ser relacionados com a capacidade fotossintética.

É importante salientar que as inflorescências em *L. salicifolia* normalmente surgem na porção apical dos ramos e um maior número de ramos expande a copa, aumentando o diâmetro médio desta. E, embora a biomassa foliar não tenha sido calculada, ela é altamente dependente do número de ramos, já que cada copa individual forma-se no ápice de um ramo.

A partir do exposto nos dois parágrafos anteriores, é possível concluir que uma das características mais importantes para a biologia de *L. salicifolia* é o número de ramos. A aquisição de biomassa aérea nesta espécie ocorre principalmente através da produção de novos ramos (e, conseqüentemente, do aumento da copa). O aumento da capacidade fotossintética, que ocorre através do aumento da biomassa foliar, também só é possível com o aumento do número de ramos. É bastante chamativo o fato de que a população P, que apresenta o menor número de ramificações, tenha as maiores médias de largura da folha, comprimento da folha e do diâmetro da copa individual. Como a produção de ramos nesta população é bem menor quando comparada aos outros dois, a única alternativa para o aumento da capacidade fotossintética é a maior quantidade de folhas por ramo, além de um aumento da área das mesmas. Embora não totalmente eficaz, já que dificilmente a biomassa foliar possa ser compensada desta forma e aumenta a ocorrência de auto-sombreamento, tal solução apresenta-se como uma possível alternativa energeticamente menos custosa para aumentar o potencial fotossintético nesta população. O número de inflorescências depende diretamente da produção de ramos, o que leva a uma situação na qual *L. salicifolia*, não tem a “opção” de escolher entre reproduzir ou crescer: o investimento em crescimento vegetativo, através do aumento do número de ramos, é crucial para o potencial reprodutivo nesta espécie. Se um indivíduo não obtiver recursos para a aquisição de biomassa, não existe a possibilidade de um evento de reprodução precoce.

Apesar das diferenças no pH do solo serem significativas (Figura 23), todos os populações estão submetidos a condições bastante ácidas. Solos ácidos impedem uma disponibilidade efetiva de íons como potássio, cálcio, magnésio e fosfato, além de

umentarem a solubilidade do alumínio a níveis potencialmente tóxicos (Chapin III, 1991). Este último fenômeno pode ser constatado pela maior concentração de alumínio no solo pedregoso, que é aquele que justamente apresenta os menores valores de pH. Comparando os resultados das concentrações de nutrientes nos solos e nas folhas é possível inferir que os níveis de acidez do solo não afetaram a capacidade de *L. salicifolia* de absorver fósforo, cálcio e potássio. Se os diferentes níveis de acidez estivessem limitando de maneira diferente cada população, então as concentrações desses nutrientes encontradas nos tecidos vegetais deveriam refletir as variações no pH. Como as concentrações foram iguais entre as populações, provavelmente as menores concentrações de fósforo e potássio encontradas no solo arenoso já suprem os requerimentos mínimos de *L. salicifolia*. Entretanto, os pH's mais ácidos do solo arenoso e do solo pedregoso parecem limitar a capacidade de *L. salicifolia* em absorver magnésio, já que a concentração deste nutriente foi menor nos populações A e P, embora não tenham sido constatadas diferenças na concentração do mesmo entre os três solos. O magnésio é um macronutriente extremamente importante para as plantas, pois faz parte da molécula da clorofila (Raven *et al*, 1996).

Oliveira Júnior *et al.* (2006) estudaram efeitos de adubação no crescimento de *L. pinaster*. Os autores demonstraram que esta espécie não é exigente em macronutrientes, mas requer altos níveis de Zn e Mn, sendo tolerante a altas concentrações de alumínio no solo. As concentrações de macronutrientes nos tecidos foliares de *L. salicifolia* foram menores do que aquelas encontradas em *L. pinaster*, exceto o potássio (quase o dobro em *L. salicifolia*) e fósforo (concentrações similares). Entretanto, é necessário ressaltar que as concentrações destes macronutrientes no substrato onde foram coletados os exemplares de *L. pinaster* seguem o mesmo padrão da concentração dos mesmos nos tecidos foliares, de modo que as diferenças encontradas podem estar apenas refletindo a disponibilidade de cada nutriente. Embora as concentrações de Mn tenham sido similares nas duas espécies, os níveis foliares de Zn em *L. salicifolia* foram de 7 a 12 vezes menores, enquanto as concentrações de Fe foram até 3 vezes maiores, sugerindo que as duas espécies possuem diferenças nas necessidades destes micronutrientes. As três populações de *L. salicifolia* estudados estão submetidas a solos bem mais ácidos e com teor de alumínio cerca de duas vezes mais altos do que os indivíduos de *L. pinaster* do estudo citado, indicando que a primeira espécie é mais tolerante do que a segunda a este tipo de condição ambiental.

O estado hídrico das populações parece ser independente da quantidade de água presente no solo. Provavelmente isto se deve à redução do número de ramos: uma quantidade menor de ramos implica em uma menor biomassa foliar e, conseqüentemente, uma menor taxa de evapotranspiração. Desta forma, *L. salicifolia* parece adotar uma estratégia de economia de água que envolve uma menor produção de biomassa em ambientes mais secos. Ressalta-se que os valores de potencial hídrico obtido e do volume relativo de água indicam que os indivíduos de *L. salicifolia* estudados estão sob condições de estresse hídrico, embora o nível de estresse seja o mesmo em todas as populações.

As diferenças nas densidades de cada população, embora não significativas, podem ser resultantes de diferentes níveis de estresse e de competição interespecífica existente em cada um dos três solos. As gramíneas do campo ocupado pela população C, competem com *L. salicifolia* pelas melhores condições abióticas (água e nutrientes) neste local. As condições do solo arenoso são mais restritivas (principalmente em relação às concentrações de potássio e fósforo), o que limita o estabelecimento de competidores em potencial, favorecendo o aumento na densidade de *L. salicifolia*. Finalmente, as concentrações de água no solo pedregoso parecem ser tão restritivas, que inibem o crescimento de outras espécies que não *L. salicifolia* e algumas velózias (observação pessoal), favorecendo o estabelecimento destas neste substrato.

Ogden (1970) afirma que geralmente as populações de plantas são constituídas por alguns poucos indivíduos de grande porte e um número relativamente alto de indivíduos de pequeno porte. Tal tendência normalmente acentua-se com o aumento da densidade e com a passagem do tempo, devido ao aumento dos níveis de competição intraespecífica. Esta afirmação parece ser aplicável no caso de *L. salicifolia*, pois as maiores classes de tamanho foram encontradas nos locais com as menores densidades.

As estruturas populacionais de cada população indicam um baixo recrutamento no solo arenoso e no pedregoso, evidenciado pelo baixo número de plântulas nestas populações. A população C, ao contrário, possui uma grande proporção de plântulas e, desta forma, um alto recrutamento potencial. É importante salientar que a população P, diferente dos outros, apresenta indivíduos adultos que não possuem qualquer ramificação. Tais indivíduos podem ser funcionalmente considerados como plântulas, pois carecem de qualquer capacidade reprodutiva.

Apesar dos indivíduos da população C apresentarem o maior potencial reprodutivo dentre as três áreas, é a população do solo arenoso que possui o maior

potencial reprodutivo. A grande proporção de plântulas no campo de gramíneas, aliada à baixa densidade de indivíduos com capacidade reprodutiva, se reflete em um menor potencial reprodutivo da população do campo de gramíneas, mesmo que isoladamente os indivíduos C produzam muitas inflorescências. Assim, o maior potencial reprodutivo da população C não se traduziu em um maior potencial reprodutivo de sua população. Já no solo pedregoso, tanto os indivíduos quanto a população por eles formada apresentaram os menores potenciais reprodutivos. Entretanto, não seria prudente afirmar que a população P é mal adaptada ou mal sucedida: existe uma população bem estabelecida, que se reproduz e se mantém no solo pedregoso, demonstrando que *L. salicifolia* é capaz de sobreviver neste ambiente, mesmo que em condições sub-ótimas.

## 5. Considerações Finais

A arquitetura aérea de *L. salicifolia* varia com as diferentes condições edáficas às quais estão submetidas cada população e afeta diretamente seu potencial reprodutivo. Solos menos férteis (com relação a água e nutrientes) causam uma simplificação em sua arquitetura (redução no número de ramos) e alteram sua estrutura populacional com uma diminuição na frequência das maiores classes de tamanho. Esta espécie é bastante resistente a pouca disponibilidade de água e apresenta baixas exigências nutricionais.

Qual fator abiótico parece ser mais importante para determinar a arquitetura aérea de *L. salicifolia*? E qual o significado evolutivo desta variação na arquitetura? Ambas as perguntas são difíceis de serem respondidas com os dados levantados para a realização deste trabalho. Entretanto, é possível fazer algumas suposições a partir dos resultados obtidos.

No solo pedregoso, *L. salicifolia* tem menos água a sua disposição do que no solo arenoso e no campo de gramíneas. Ainda assim, consegue manter um nível de estresse hídrico similar ao das outras duas populações. Sugere-se que isto ocorre porque a população P reduz a sua produção de ramos (e, conseqüentemente, de folhas) o que minimiza os efeitos da perda de água por evapotranspiração. Essa menor produção de ramos simplifica sua arquitetura e diminui seu esforço reprodutivo. Similarmente, apesar dos menores níveis de potássio e fósforo no solo arenoso, a população A mantém concentrações destes nutrientes iguais às das outras populações. Sugere-se que isto ocorre através de mudanças em sua arquitetura e padrões de alocação de recursos, que permitam um melhor aproveitamento de potássio e de fósforo. Por outro lado, não pode ser descartada a possibilidade de que as menores concentrações de fósforo e potássio encontradas no solo arenoso já suprem os requerimentos mínimos de *L. salicifolia*. A absorção de magnésio por *L. salicifolia*, entretanto, parece ser prejudicada por uma alta acidez do solo, o que pode contribuir para a simplificação encontrada na arquitetura das populações A e P.

A partir do exposto acima, os fatores abióticos que parecem ter maior importância na determinação da arquitetura de *L. salicifolia* são a disponibilidade de água, as concentrações de potássio e fósforo no solo, bem como a acidez do solo (que limita a absorção de magnésio). *L. salicifolia* provavelmente contorna a escassez destes recursos através da adoção de diferentes formas de crescimento (plasticidade fenotípica)

que resultam em diferentes arquiteturas. Tal estratégia permite a manutenção de níveis ideais de potássio e fósforo, além de evitar variações em seu conteúdo hídrico, mas parece não ser suficiente para minimizar os efeitos deletérios do pH na absorção de magnésio. Enquanto a população A está sujeita principalmente a limitações nutricionais, a principal limitação enfrentada pela população P é a escassez de água. Como este último apresenta o menor potencial reprodutivo de todas as três populações (individualmente e como população), torna-se claro que a falta de água produz efeitos mais severos quando comparado com uma menor disponibilidade de nutrientes.

Competição interespecífica, principalmente com gramíneas, parece afetar o recrutamento nas populações de *L. salicifolia* bem como sua densidade. Condições ambientais ótimas para o indivíduo não significaram necessariamente condições ótimas para a população. Embora a arquitetura da população A limite sua produção de flores, a maior densidade de indivíduos potencialmente reprodutores compensa tais restrições impostas por sua morfologia.

## Referências Bibliográficas

- Ackerly, D.D. & Bazzaz, F.A. 1995. Leaf dynamics, self-shading and carbon gain in seedlings of a tropical pioneer tree. **Oecologia 101**: 289-298.
- Alonso, C & Herrera, C.M. 1996. Variation in herbivory within and among plants of *Daphne laureola* (Thymelaeaceae): correlation with plant size and architecture. **Journal of Ecology 84**: 495-502.
- Andrade, B.S. & Hay, J.D.V. 2007. Estomation of aerial biomass of *Lychnophora ericoides* (Mart). **Brazilian Archives of Biology and Technology 50**: 687-694.
- Araújo, A.P.A.; de Paula, J.D.; Carneiro, M.A.A. & Schoereder, J.H. 2006. Effects of host plant architecture on colonization by galling insects. **Austral Ecology 31**: 343-348.
- Barthélémy, D. & Caraglio, Y. 2007. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. **Annals of Botany 99**: 375-407.
- Bazzaz, F.A. 1991. Habitat selection in plants. **The American Naturalist 137**: 116-130.
- Bergonci, J.I.; Bergamaschi, H.; Berlato, M.A. & Santos, A.O. 2000. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 35**: 1531-1540.
- Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics 13**: 115-155.
- Brooks, R.A. & Bell, S.S. 2005. A multivariate study of mangrove morphology (*Rhizophora mangle*) using both above and below-water plant architecture. **Estuarine, Coastal and Shelf Science 65**: 440-448.
- Callisto, M. & Goulart, M. 2005. Invertebrate Drift along a Longitudinal Gradient in a Neotropical Stream in Serra do Cipó National Park, Brazil. **Hydrobiologia 539**: 47-56.
- Carvalho, D.A. 1992. Flora fanerogâmica de campos rupestres da Serra da Bocaina, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Ciência e Prática 16**: 97-122.
- Cerqueira, M.B.S.; Souza, J.T.; Júnior, R.A. & Peixoto, A.B.F. 1987. Ação analgésica do extrato bruto aquoso liofilizado do caule e folhas de *Lychnophora ericoides* Mart. **Ciência e Cultura 39**: 551-553.

- Chapin III, F.S. 1991. Effects of multiple environmental stresses on nutrient availability and use. In: MOONEY H.A.; WINNER, W.E. & PELL, E.J. (eds.). **Responses of Plants to Multiple Stresses**. Academic Press, San Diego, Ca. 67-88.
- Crawley, M.J. 1997. Life history and environment. IN: CRAWLEY, M.J. (ed.). **Plant Ecology**. Blackwell Science, Oxford. 73-131.
- Coile, N.C. & Jones, S.B. Jr. 1981. *Lychnophora* (Compositae: Vernoniaeae), a genus endemic to the Brazilian planalto. **Brittonia** **33**: 528-542.
- Cronk, Q.C.B. 2005. Plant eco-devo: the potencial of poplar as a model organism. **New Phytologist** **166**: 39-48.
- Drummond, G.M. Martins, C.S.; Machado, A.B.; Sebaio, F.A. & Antonini, Y. (eds.). 2005. **Biodiversidade em Minas gerais: um atlas para sua conservação**. 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 222p.
- Espírito-Santo, M.M.; Neves, F.S.; Andrade-Neto, F.R. & Fernandes, G.W. 2007. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. **Oecologia** **153**: 353-364.
- Farnsworth, K.D. & Niklas, K.J. 1995. Theories of optimization, form and function in branching architecture in plants. **Functional Ecology** **9**: 355-363.
- Fernandes, G.W.; Araújo, L.M.; Carneiro, M.A.A.; Cornelissen, T.G.; Greco, M.K.B.; Lara, A.C.F. & Ribeiro, S.P. 1997. Padrões de Riqueza de Insetos em Gradientes Altitudinais no Cerrado da Serra do Cipó. In: UnB (org) **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília: Univesidade de Brasília, volume 5: 32-34.
- Fryer, G. 1988. Functional morphology and functional ecology. **Functional Ecology** **2**: 270-275.
- Gautam, M.K.; Mead, D.J.; Clinton, P.W. & Chang, S.X. 2003. Biomass and morphology of *Pinus radiata* coarse root components in a sub-humid temperate silvopastoral system. **Forest Ecology and Management** **177**: 387-397.
- Geber, M.A. 1990. The cost of meristem limitation in *Polygonum arenastrum*: negative genetic correlations between fecundity and growth. **Evolution** **44**: 799-819.
- Giulietti, A.M.; Menezes, N.L.; Pirani, J.R.; Meguro, M. & Wanderley, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Caracterização e Lista das Espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **9**: 1-151.
- Godin, C.; Costes, E. & Sinoquet, H. 1999. A Method for describing plant architecture which integrates topology and geometry. **Annals of Botany** **84**: 343-357.

- Gomes, V; Collevatti, R.G.; Silveira, F.A.O. & Fernandes, G.W. 2004. The distribution of genetic variability in *Baccharis concinna* (Asteraceae), an endemic, dioecious and threatened shrub of rupestrian fields of Brazil. **Conservation Genetics** **5**: 157–165.
- Gonçalves-Alvim, S.J. & Fernandes, G.W. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation** **10**: 70-98.
- Grace, J. 1997. Plant Water Relations. IN: CRAWLEY, M.J. (ed.). **Plant Ecology**. Blackwell Science, Oxford. 73-131.
- Grubb, P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Reviews** **52**: 107-145.
- Guo, W.; Li, B.; Zhang, X. & Wang, R. 2007. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. **Journal of Arid Environments** **69**: 385-399.
- Hallé, F. 1986. Modular growth in seed plants. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London** **313**: 77-87.
- Harper, J.L. & White, J. 1974. The demography of plants. **Annual Review of Ecology and Systematics** **5**: 419-463.
- Ho, M.D.; McCannon, B.C. & Lynch, J.P. 2004. Optimization modeling of plant root architecture for water and phosphorus acquisition. **Journal of Theoretical Biological** **226**: 331-340.
- Housman, D.C.; Price, M.V. & Redak, R.A. 2002. Architecture of coastal and desert *Encelia farinose* (Asteraceae): consequences of plastic and heritable variation in leaf characters. **American Journal of Botany** **89**: 1303-1310.
- Hutchings, M.J. 1988. Differential foraging of resources and structural plasticity in plants. **Trends in Ecology and Evolution** **3**: 200-204.
- Jadoski, S.O.; Klar, A.E. & Salvador, E.D. 2005. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência** **1**: 11-19.
- Jordão, C.O.; Vichnewski, W.; Souza, G.E.P.; Albuquerque, S. & Lopes, J.L.C. 2003. Trypanocidal activity of chemical constituents from *Lychnophora salicifolia* Mart. **Phytotherapy Research** **18**: 332-334.
- Klecka, W.R. 1980. **Discriminant Analysis**. Sage University Paper series Quantitative Applications in the Social Sciences, Beverly Hills and London. 71pp.

- van Kleunen & Fischer. 2005. Constraints on the evolution of adaptative phenotypic plasticity in plants. **New Phytologist** **166**: 49-60.
- Klich, M.G. 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany** **44**: 171-183.
- Kohyama, T. 1987. Significance of architecture and allometry in saplings. **Functional Ecology** **1**: 399-404.
- Kroon, H.; Huber, H.; Stuefer, J.F. & van Groenendael, J.M. 2005. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. **New Phytologist** **166**: 73-82.
- Küppers, M. 1989. Ecological significance of above-ground architectural patterns in woody plants: a question of cost-benefit relationships. **Trends in Ecology and Evolution** **4**: 375-379.
- Lawton, J.H. 1976. The structure of the arthropod community on bracken. **Botanical Journal of the Linnean Society** **73**: 187-216.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology** **28**: 23-39.
- Lechowicz, M.J. 1984. The effects of individual variation in physiological and morphological traits on the reproductive capacity of the common cocklebur, *Xanthium strumarium*. **Evolution** **38**: 833-844.
- Louarn, G.; Guedon, Y.; Lecoeur, J. & Lebon, E. 2007. Quantitative analysis of the phenotypic variability of shoot architecture in two grapevine (*Vitis vinifera*) cultivars. **Annals of Botany** **99**: 425-437.
- Luken, J.O.; Tholemeier, T.C.; Kunkel, B.A. & Kuddes, L.M. 1995. Branch architecture plasticity of Amur honeysuckle (*Lonicera maackii*): inicial response in extreme light environments. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** **122**: 190-195.
- Madeira, J.A. & Fernandes, G.W. 1999. Reproductive phenology of sympatric taxa *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **4**: 463-479.
- Marquis, R.J. 1992. A bite is a bite is a bite? Constraints on response to folivory in *Piper arieianum* (Piperaceae). **Ecology** **73**: 143-152.
- Melo, P.R.B.; Almir, J.O.; Pinto, J.E.B.P.; Castro, E.M.; Viera, A.R. & Evangelista, J.R.E. 2007. Germinação de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) armazenados em diferentes condições. **Ciência e Agrotecnologia** **31**: 75-82.
- Menezes, N.L. & Giulietti, A.M. 2002. Campos Rupestres. In: MENDONÇA, M. P. & LUIS, L. V. (eds.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da**

- flora de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas & Fundação Zoo-botânica de Belo Horizonte. 65–75.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 1999. **Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e pantanal.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Funatura, Conservation International, Fundação Biodiversitas e Universidade de Brasília. 26p.
- Miguel, O.G.; Lima, E.O.; Morais, V.M.F.; Gomes, S.T.A.; Monache, F.D.; Cruz, A.B.; Cruz, R.C.B. & Cechinel Filho, V. 1996. Antimicrobial activity of constituents isolated from *Lychnophora salicifolia* (Asteraceae). **Phytotherapy Research** **10**: 694-696.
- Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London** **281**: 277-294.
- Niklas, K.J. 1986. Evolution of plant shape: design constraints. **Trends in Ecology and Evolution** **1**: 67-72.
- Niklas, K.J. & Kerchner, V. 1984. Mechanical and photosynthetic constraints on the evolution of plant shape. **Paleobiology** **10**: 79-101.
- Ogden, J. 1970. Plant population structure and productivity. **Proceedings of the New Zealand Ecological Society** **17**: 1-9.
- Oliveira, A.C. Jr.; Faquin, V. & Pinto, J.E.B.P. 2006. Efeitos de calagem e adubação no crescimento e nutrição de arnica. **Horticultura Brasileira** **24**: 347-351.
- Pigliucci, M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? **Trends in Ecology and Evolution** **20**: 481-486.
- Preston, K.A. 1999. Can plasticity compensate for architectural constraints on reproduction? Patterns of seed production and carbohydrate translocation in *Perilla frutescens*. **Journal of Ecology** **87**: 697-712.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 1996. **Biologia Vegetal.** Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 728p.
- Reinhardt, D. & Kuhlemeier, C. 2002. Plant architecture. **European Molecular Biology Organization Reports** **3**: 846-851.
- Ribeiro, M.C. 2007. **Sobrevivência pós-fogo de *Miconia stenostachya* DC. (Melastomataceae) em cerrado, Serra do Cipó – Minas Gerais, Brasil e seu potencial uso em restauração de áreas degradadas.** Belo Horizonte: UFMG. 139p. Dissertação de mestrado.

- Ribeiro, K. T.; Madeira, J. A.; Collet, H. D.; Nascimento, J. S. & Braga, J. C. 2006. Conquistas e desafios na prevenção e combate a incêndios em vegetações abertas no interior e entorno do Parque Nacional da Serra do Cipó, sudeste do Brasil. **2º Congresso para la Prevención y Combate a Incêndios Florestales y Pastizales del Mercosur**. Mendoza, Argentina.
- Rizzini, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro. 747p.
- Rodrigues, M.; Carrara, L.A.; Faria, L.P. & Gomes, H. 2005. Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o Vale do rio Cipó, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia 22**: 326-338.
- Rosenthal, J.P. & Welter, S.C. 1995. Tolerance to herbivory by a stem-boring caterpillar in architecturally distinct maize and their wild relatives. **Oecologia 102**: 146-155.
- Schmitt, J. 1993. Reaction norms of morphological and life history traits to light availability in *Impatiens capensis*. **Evolution 47**: 1554-1568.
- Schwinning, S. & Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size-asymmetry in competition among plants. **Oecologia 113**: 447-455.
- Semir, J. 1991. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Veroniaceae: Compositae)**. Campinas: UNICAMP. 515p. Tese de doutorado.
- Silva, S.M.P. 1995. Birds of the Cerrado Region, South America. **Steenstrupia 21**: 69-92.
- Silva, S.M.P. 1994. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) – Asteraceae**. Lavras: UFLA. 45p. Dissertação de mestrado.
- Silva, J. M. C. & Bates, J. M. 2002. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience 52**: 225-233.
- Southwood, T.R.E.; Brown, V.K. & Reader, P.M. 1979. The relationships of plant and insect diversities in succession. **Biological Journal of the Linnean Society 12**: 327-348.
- Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; Mee, D.L. & Ferguson, J.C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv Merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture 53**: 171-182.

- Steingraeber, D.A. 1982. Phenotypic plasticity of branching pattern in sugar maple (*Acer saccharum*). **American Journal of Botany** **69**: 638-640.
- Strong, D.R. Jr. & Levin, D.A. 1979. Species richness of plant parasites and growth form of their hosts. **The American Naturalist** **114**: 1-23.
- Suguio, K. 1973. **Introdução à Sedimentologia**. Edgard Blucher – EDUSP, São Paulo. 317 p.
- Sultan, S.E. 2004. Promising directions in plant phenotypic plasticity. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** **6**: 227-233.
- Sussez, I.M. & Kerk, N.M. 2001. The evolution of plant architecture. **Current Opinion in Plant Biology** **4**: 33-37.
- Takahashi, K. 1996. Plastic response of crown architecture to crowding in understory trees. **Annals of Botany** **77**: 227-233.
- Tomlinson, P.B. 1987. Architecture of tropical plants. **Annual Review of Ecology and Systematics** **18**: 1-21.
- Tremmel, D.C. & Bazzaz, F.A. 1995. Plant architecture and allocation in different neighborhoods: implications for competitive success. **Ecology** **76**: 262-271.
- Valladares, F. & Pearcy, R. 2000. The role of crown architecture for light harvesting and carbon gain in extreme light environments assessed with a realistic 3-D model. **Anales Jardín Botánico de Madrid** **58**: 3-16.
- Vieira, F.; Santos, G.B. & Alves, C.B.M. 2005. A ictiofauna do Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil) e áreas adjacentes. **Lundiana** **6**: 77-87.
- Vieira, R.F. 1999. Conservation of medicinal and aromatic plants in Brazil. In: JANICK, J. (ed.). **Perspectives on new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA. 152-159.
- Vitta, F. 2002. . Diversidade e conservação da flora nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais. IN: ARAÚJO, E.L.; MOURA, A.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GESTIANARI, L.M.S. & CARNEIRO, J.M.T. (eds.). **Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco/Sociedade Botânica do Brasil. 90-94.
- Watanabe, T.; Hanan, J.S.; Room, P.M., Hasegawa, T.; Nakagawa, H. & Takahashi, W. 2005. Rice morphogenesis and plant architecture: measurement, specification and the reconstruction of structural development by 3-D architectural modelling. **Annals of Botany** **95**: 1131-1143.

- Watson, M.A. 1995. Ontogenetic contingency and the expression of plant plasticity. **Trends in Ecology and Evolution 1**: 119-123.
- Weiner, J. 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6**: 207-215.
- Weiner, J. & Fishman, L. (1994). Competition and allometry in *Kochia scoparia*. **Annals of Botany 73**: 263-271.
- White, J. 1979. The plant as a metapopulation. **Annual Review of Ecology and Systematics 10**: 109-145.
- Wu, R. & Hinckley, T.M. 2001. Phenotypic plasticity of sylleptic branching: genetic design of tree architecture. **Critical Reviews in Plant Sciences 20**: 67-72.
- Yamada, T.; Yamakuta, T. & Lee, H.S. 2000. Architectural and allometric differences among *Scaphium* species are related to microhabitat preferences. **Functional Ecology 14**: 731-737.
- Yan, H.P.; Kang, M.Z.; de Reffye, P. & Dingkuhn, M. 2004. A dynamic, architectural plant model simulating resource-dependent growth. **Annals of Botany 93**: 591-602.
- Zahavi, T.; Reuveni, M.; Scheglov, D. & Lavee, S. 2001. Effect of grapevine training systems on development of powdery mildew. **European Journal of Plant Pathology 107**: 495-501.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, Chicago. 929pp.

# **ANEXO 1**

Tabela 10: Parâmetros arquitetônicos de *L.salicifolia* (valores em cm, exceto INFLO e RA).

| Indivíduo | Idade    | Solo | HPRI | HMAX | H1R | DIAPRI | INFLO | DCI  | CLF  | CF   | LF   | DIACOP | RA  |
|-----------|----------|------|------|------|-----|--------|-------|------|------|------|------|--------|-----|
| 1         | adulto   | a    | 141  | 143  | 31  | 3,4    | 116   | 0    | 0    | 0    | 0    | 121,5  | 126 |
| 2         | adulto   | a    | 177  | 177  | 48  | 3,2    | 96    | 17   | 4    | 8    | 0,47 | 122,5  | 109 |
| 3         | adulto   | a    | 168  | 179  | 52  | 3,6    | 85    | 17   | 0    | 8    | 0,5  | 143,5  | 84  |
| 4         | adulto   | a    | 192  | 192  | 49  | 3,8    | 73    | 24   | 9    | 10,2 | 0,54 | 116    | 86  |
| 5         | adulto   | a    | 141  | 144  | 40  | 2,2    | 50    | 20   | 5    | 12,1 | 0,5  | 74     | 41  |
| 6         | adulto   | a    | 148  | 148  | 36  | 3      | 58    | 23   | 4,5  | 9    | 0,55 | 89     | 58  |
| 7         | adulto   | a    | 80   | 101  | 32  | 2,8    | 73    | 0    | 0    | 0    | 0    | 75,5   | 64  |
| 8         | adulto   | a    | 159  | 159  | 31  | 4      | 145   | 25   | 5    | 11,6 | 0,88 | 121,5  | 111 |
| 9         | adulto   | a    | 147  | 149  | 63  | 2,9    | 36    | 25   | 6    | 12,1 | 1,11 | 60     | 41  |
| 10        | adulto   | a    | 148  | 148  | 30  | 3,5    | 33    | 25   | 11   | 11,1 | 0,7  | 61,5   | 31  |
| 11        | adulto   | a    | 181  | 181  | 33  | 3,4    | 138   | 22   | 4,5  | 10,4 | 0,54 | 127,5  | 110 |
| 12        | adulto   | a    | 104  | 127  | 49  | 3,7    | 26    | 0    | 0    | 0    | 0    | 72,5   | 16  |
| 13        | adulto   | a    | 103  | 108  | 21  | 4,2    | 103   | 21   | 2    | 10,8 | 0,44 | 85     | 79  |
| 14        | adulto   | a    | 189  | 189  | 31  | 3,1    | 54    | 13   | 3    | 6,5  | 0,47 | 76     | 50  |
| 15        | adulto   | a    | 124  | 134  | 26  | 4      | 63    | 22   | 3,5  | 9    | 0,6  | 114,5  | 121 |
| 16        | adulto   | a    | 108  | 115  | 51  | 2,8    | 39    | 21   | 1    | 11   | 0,69 | 57,5   | 26  |
| 17        | adulto   | a    | 161  | 162  | 31  | 4      | 20    | 17   | 3    | 9,1  | 0,57 | 96,5   | 40  |
| 18        | adulto   | a    | 77   | 77   | 59  | 1,4    | 1     | 14   | 4    | 6,1  | 0,45 | 17     | 2   |
| 19        | adulto   | a    | 85   | 85   | 2   | 1,8    | 3     | 24   | 3,5  | 11   | 0,5  | 35     | 13  |
| 20        | plântula | a    | 43   | 43   | 0   | 2,5    | 0     | 28   | 3,5  | 15,2 | 0,76 | 28     | 0   |
| 21        | adulto   | a    | 115  | 197  | 42  | 3,4    | 61    | 0    | 0    | 0    | 0    | 71,5   | 28  |
| 22        | adulto   | a    | 157  | 158  | 45  | 4,5    | 58    | 19   | 0    | 12,6 | 0,46 | 74,5   | 70  |
| 23        | adulto   | a    | 148  | 148  | 90  | 4      | 70    | 19   | 4,5  | 10   | 0,72 | 104,5  | 55  |
| 24        | adulto   | a    | 162  | 162  | 42  | 5      | 89    | 23,5 | 2    | 13   | 0,55 | 122    | 33  |
| 25        | adulto   | a    | 148  | 150  | 45  | 3,4    | 66    | 22,8 | 4    | 12   | 0,76 | 93     | 67  |
| 26        | adulto   | a    | 143  | 149  | 40  | 4      | 70    | 0    | 0    | 0    | 0    | 63     | 67  |
| 27        | adulto   | a    | 104  | 110  | 72  | 2,7    | 3     | 25   | 3    | 12,1 | 0,54 | 38     | 6   |
| 28        | adulto   | a    | 142  | 148  | 47  | 3,3    | 65    | 23   | 5,5  | 11   | 0,54 | 74     | 69  |
| 29        | adulto   | a    | 107  | 151  | 50  | 3,4    | 97    | 0    | 0    | 0    | 0    | 103,5  | 101 |
| 30        | adulto   | a    | 139  | 139  | 29  | 3,4    | 36    | 21,5 | 4    | 11,5 | 0,43 | 66,5   | 47  |
| 31        | adulto   | a    | 115  | 130  | 40  | 2,8    | 49    | 15   | 1,5  | 10,8 | 0,41 | 75,5   | 46  |
| 32        | adulto   | a    | 104  | 116  | 80  | 2,7    | 3     | 23   | 12,5 | 12,3 | 0,54 | 37     | 7   |
| 33        | adulto   | a    | 176  | 176  | 63  | 3,9    | 80    | 0    | 8,5  | 9    | 0,44 | 105    | 112 |
| 34        | adulto   | a    | 83   | 99   | 25  | 2,3    | 26    | 7    | 1    | 7,2  | 0,29 | 37,5   | 34  |
| 35        | adulto   | a    | 83   | 97   | 35  | 2,7    | 11    | 0    | 0    | 0    | 0    | 56     | 14  |
| 36        | adulto   | a    | 141  | 150  | 47  | 3,4    | 41    | 22   | 1    | 7    | 0,22 | 70,5   | 46  |
| 37        | adulto   | a    | 65   | 124  | 24  | 3,1    | 38    | 0    | 0    | 0    | 0    | 71,5   | 44  |
| 38        | adulto   | a    | 107  | 113  | 27  | 2,9    | 25    | 21   | 1    | 10,2 | 0,31 | 48     | 36  |
| 39        | adulto   | a    | 88   | 88   | 54  | 2,7    | 6     | 23,5 | 5    | 12,6 | 0,57 | 46     | 9   |
| 40        | plântula | a    | 22   | 22   | 0   | 2,5    | 0     | 24   | 0    | 10   | 0,33 | 24     | 0   |
| 41        | adulto   | a    | 159  | 163  | 37  | 4,5    | 50    | 10,5 | 1    | 6,5  | 0,27 | 104,5  | 61  |
| 42        | adulto   | a    | 160  | 168  | 65  | 3      | 35    | 13   | 4    | 10,5 | 0,32 | 70,5   | 47  |
| 43        | adulto   | a    | 181  | 188  | 2   | 4,3    | 227   | 10,5 | 5    | 9    | 0,57 | 152,5  | 144 |
| 44        | adulto   | a    | 216  | 228  | 48  | 3,5    | 55    | 31   | 5,5  | 16   | 0,43 | 75     | 74  |
| 45        | adulto   | a    | 180  | 180  | 35  | 3,4    | 16    | 17,5 | 6    | 10,4 | 0,4  | 76,5   | 34  |
| 46        | adulto   | a    | 171  | 173  | 30  | 3,4    | 44    | 15   | 5,5  | 11,2 | 0,4  | 91     | 59  |
| 47        | adulto   | a    | 114  | 114  | 34  | 3      | 63    | 19,5 | 3,5  | 8,5  | 0,47 | 83,5   | 56  |
| 48        | adulto   | a    | 95   | 95   | 39  | 2,2    | 17    | 13   | 5    | 11,2 | 0,38 | 46     | 24  |
| 49        | adulto   | a    | 124  | 124  | 31  | 2,4    | 21    | 16,5 | 8    | 12,5 | 0,54 | 68     | 28  |
| 50        | adulto   | a    | 151  | 152  | 104 | 2,3    | 4     | 25   | 4    | 13   | 0,61 | 51,5   | 6   |
| 51        | adulto   | a    | 88   | 98   | 47  | 1,9    | 2     | 9    | 0    | 6,9  | 0,25 | 47,5   | 17  |
| 52        | adulto   | a    | 113  | 120  | 32  | 3,1    | 47    | 20   | 3    | 10,2 | 0,4  | 69,5   | 46  |
| 53        | adulto   | a    | 142  | 142  | 40  | 3,2    | 116   | 21   | 4    | 11,4 | 0,51 | 120,5  | 47  |

| Indivíduo | Idade    | Solo | HPRI | HMAX | H1R | DIAPRI | INFLO | DCI  | CLF  | CF   | LF   | DIACOP | RA  |
|-----------|----------|------|------|------|-----|--------|-------|------|------|------|------|--------|-----|
| 54        | adulto   | a    | 54   | 154  | 54  | 2,6    | 33    | 0    | 0    | 0    | 0    | 114,5  | 42  |
| 55        | adulto   | a    | 99   | 110  | 27  | 2,9    | 35    | 17   | 2    | 9    | 0,3  | 70     | 32  |
| 56        | adulto   | a    | 105  | 124  | 50  | 2,6    | 20    | 22   | 3,5  | 13,1 | 0,37 | 86,5   | 28  |
| 57        | adulto   | a    | 137  | 137  | 45  | 2,4    | 18    | 21   | 3,5  | 10,7 | 0,43 | 76,5   | 28  |
| 58        | adulto   | a    | 79   | 81   | 50  | 1,9    | 2     | 16   | 7    | 12,4 | 0,43 | 27,5   | 4   |
| 59        | adulto   | a    | 105  | 117  | 41  | 2,3    | 15    | 15   | 2,5  | 9,4  | 0,37 | 57     | 15  |
| 60        | plântula | a    | 60   | 60   | 0   | 1,9    | 0     | 28   | 6,5  | 10,3 | 0,54 | 28     | 0   |
| 61        | adulto   | c    | 188  | 200  | 0,1 | 6,4    | 326   | 23,5 | 12   | 11,5 | 0,61 | 136,5  | 206 |
| 62        | adulto   | c    | 104  | 104  | 46  | 3,1    | 45    | 16,5 | 8    | 11,4 | 0,57 | 63,5   | 46  |
| 63        | adulto   | c    | 28   | 138  | 28  | 4,1    | 193   | 0    | 0    | 0    | 0    | 102,5  | 154 |
| 64        | plântula | c    | 44   | 44   | 0   | 2,9    | 0     | 25   | 6,5  | 12,2 | 0,49 | 25     | 0   |
| 65        | plântula | c    | 46   | 46   | 0   | 2,3    | 0     | 27   | 8,5  | 12   | 0,54 | 22,5   | 0   |
| 66        | adulto   | c    | 13   | 70   | 13  | 3,5    | 69    | 0    | 0    | 0    | 0    | 58,5   | 17  |
| 67        | adulto   | c    | 38   | 69   | 38  | 2,4    | 14    | 0    | 0    | 0    | 0    | 43,5   | 20  |
| 68        | adulto   | c    | 53   | 53   | 0   | 2,1    | 0     | 28   | 13,5 | 11,6 | 0,65 | 28     | 0   |
| 69        | plântula | c    | 30   | 30   | 0   | 3,4    | 0     | 22   | 2    | 16,5 | 0,52 | 22     | 0   |
| 70        | plântula | c    | 28   | 28   | 0   | 3,2    | 0     | 34   | 3,5  | 19,3 | 0,57 | 34     | 0   |
| 71        | plântula | c    | 16   | 16   | 0   | 2,2    | 0     | 22   | 0    | 12,1 | 0,53 | 22     | 0   |
| 72        | adulto   | c    | 103  | 113  | 21  | 4,2    | 104   | 25   | 12   | 12,2 | 0,61 | 102,5  | 55  |
| 73        | adulto   | c    | 91   | 91   | 41  | 3      | 14    | 32   | 12,5 | 13,5 | 0,63 | 60     | 17  |
| 74        | adulto   | c    | 119  | 119  | 27  | 4,2    | 120   | 15   | 9,5  | 11,5 | 0,52 | 117    | 131 |
| 75        | adulto   | c    | 25   | 96   | 25  | 3,9    | 43    | 0    | 0    | 0    | 0    | 66,5   | 32  |
| 76        | adulto   | c    | 17   | 103  | 17  | 3,2    | 48    | 0    | 0    | 0    | 0    | 51,5   | 27  |
| 77        | adulto   | c    | 88   | 92   | 35  | 2,8    | 76    | 17,5 | 1,5  | 9    | 0,44 | 75     | 77  |
| 78        | plântula | c    | 24   | 24   | 0   | 2,6    | 0     | 29   | 5,5  | 18,2 | 0,76 | 29     | 0   |
| 79        | adulto   | c    | 127  | 132  | 60  | 4,1    | 30    | 33   | 23   | 15   | 0,86 | 76,5   | 41  |
| 80        | plântula | c    | 35   | 35   | 0   | 2,5    | 0     | 29   | 12,5 | 14,8 | 0,78 | 29     | 0   |
| 81        | adulto   | c    | 72   | 72   | 44  | 2,1    | 2     | 18   | 14   | 12   | 0,41 | 33,5   | 5   |
| 82        | adulto   | c    | 113  | 126  | 42  | 2,9    | 24    | 24   | 13   | 13,4 | 0,34 | 88     | 32  |
| 83        | plântula | c    | 14   | 14   | 0   | 0      | 0     | 19   | 1,5  | 6,5  | 0,18 | 19     | 0   |
| 84        | adulto   | c    | 159  | 162  | 42  | 3,9    | 70    | 23   | 13   | 11,7 | 0,38 | 120,5  | 58  |
| 85        | adulto   | c    | 228  | 230  | 68  | 4,6    | 219   | 16   | 8    | 9    | 0,39 | 89,5   | 218 |
| 86        | adulto   | c    | 84   | 84   | 14  | 3,1    | 86    | 17   | 5,5  | 7,5  | 0,3  | 91,5   | 96  |
| 87        | adulto   | c    | 117  | 131  | 44  | 3,3    | 141   | 19,5 | 2    | 13,4 | 0,46 | 105,5  | 114 |
| 88        | plântula | c    | 28   | 28   | 0   | 3      | 0     | 30   | 2,5  | 15,6 | 0,5  | 30     | 0   |
| 89        | adulto   | c    | 125  | 132  | 45  | 2,5    | 61    | 15   | 4    | 6,7  | 0,21 | 69     | 68  |
| 90        | adulto   | c    | 136  | 159  | 35  | 3,9    | 73    | 14   | 0,5  | 9    | 0,43 | 107,5  | 73  |
| 91        | plântula | c    | 36   | 36   | 0   | 2,3    | 0     | 27   | 5,5  | 14   | 0,46 | 27     | 0   |
| 92        | plântula | c    | 18   | 18   | 0   | 2,5    | 0     | 17   | 1    | 12   | 0,43 | 17     | 0   |
| 93        | adulto   | c    | 258  | 264  | 82  | 4,3    | 88    | 0    | 0    | 0    | 0    | 191,5  | 93  |
| 94        | adulto   | c    | 118  | 118  | 82  | 2,6    | 0     | 23   | 35   | 14   | 1,13 | 32,5   | 1   |
| 95        | adulto   | c    | 146  | 146  | 32  | 2,3    | 24    | 8,5  | 4,5  | 7,9  | 0,3  | 44,5   | 22  |
| 96        | adulto   | c    | 134  | 142  | 75  | 2,9    | 22    | 16   | 9    | 12,7 | 0,48 | 74     | 32  |
| 97        | plântula | c    | 34   | 34   | 0   | 2,2    | 0     | 29   | 2,5  | 13,1 | 0,35 | 29     | 0   |
| 98        | adulto   | c    | 85   | 85   | 45  | 2,5    | 0     | 19,5 | 12   | 11,7 | 0,43 | 44     | 5   |
| 99        | adulto   | c    | 130  | 130  | 64  | 3,4    | 29    | 16   | 12   | 14,3 | 0,4  | 78     | 44  |
| 100       | adulto   | c    | 112  | 112  | 28  | 3      | 36    | 11   | 10,5 | 6    | 0,35 | 68     | 42  |
| 161       | plântula | c    | 41   | 41   | 0   | 2,4    | 0     | 33   | 12   | 18,3 | 0,81 | 33     | 0   |
| 162       | plântula | c    | 42   | 42   | 0   | 3      | 0     | 31   | 15   | 19,3 | 0,81 | 31     | 0   |
| 163       | adulto   | c    | 78   | 78   | 52  | 2,8    | 0     | 17   | 14   | 11,5 | 0,5  | 33     | 5   |
| 164       | adulto   | c    | 144  | 144  | 65  | 3,4    | 35    | 29   | 7,5  | 14,9 | 0,92 | 77,5   | 43  |
| 165       | adulto   | c    | 130  | 130  | 54  | 3,5    | 52    | 22   | 9    | 12,4 | 0,66 | 88,5   | 52  |
| 166       | adulto   | c    | 94   | 94   | 43  | 2,9    | 14    | 26   | 11   | 13,5 | 0,64 | 46     | 21  |

| Indivíduo | Idade    | Solo | HPRI | HMAX | H1R | DIAPRI | INFLO | DCI  | CLF  | CF   | LF   | DIACOP | RA  |
|-----------|----------|------|------|------|-----|--------|-------|------|------|------|------|--------|-----|
| 167       | adulto   | c    | 58   | 58   | 35  | 2,8    | 0     | 28   | 19   | 14,7 | 0,73 | 26     | 1   |
| 168       | adulto   | c    | 80   | 86   | 44  | 2,7    | 12    | 21,5 | 13   | 13,3 | 0,71 | 38     | 15  |
| 169       | adulto   | c    | 103  | 103  | 28  | 2,8    | 27    | 22   | 16,5 | 10,1 | 0,61 | 42,5   | 28  |
| 170       | adulto   | c    | 73   | 73   | 44  | 1,7    | 5     | 23,5 | 6,5  | 11,9 | 0,61 | 35     | 7   |
| 171       | adulto   | c    | 135  | 140  | 37  | 3,7    | 86    | 23,5 | 3    | 12,1 | 0,63 | 70     | 81  |
| 172       | adulto   | c    | 124  | 146  | 44  | 3,7    | 172   | 20   | 2    | 9,5  | 0,46 | 85,5   | 119 |
| 173       | adulto   | c    | 107  | 107  | 38  | 3      | 47    | 22,5 | 6,5  | 12,5 | 0,55 | 58     | 49  |
| 174       | adulto   | c    | 87   | 95   | 47  | 2,7    | 27    | 23,5 | 4    | 13,7 | 0,74 | 54,5   | 29  |
| 175       | plântula | c    | 33   | 150  | 33  | 5,4    | 290   | 0    | 0    | 0    | 0    | 83,5   | 152 |
| 176       | plântula | c    | 19   | 19   | 0   | 2,9    | 0     | 26   | 4    | 11   | 0,73 | 26     | 0   |
| 177       | plântula | c    | 16   | 16   | 0   | 2,2    | 0     | 26   | 4,5  | 15,8 | 0,43 | 26     | 0   |
| 178       | plântula | c    | 19   | 19   | 0   | 2,2    | 0     | 25   | 4    | 15   | 0,49 | 25     | 0   |
| 179       | plântula | c    | 46   | 46   | 0   | 2,5    | 0     | 30   | 7    | 16,3 | 0,88 | 30     | 0   |
| 180       | adulto   | c    | 38   | 203  | 38  | 6,4    | 349   | 0    | 0    | 0    | 0    | 135    | 40  |
| 101       | adulto   | p    | 118  | 122  | 92  | 2,4    | 6     | 17   | 0,5  | 9    | 0,41 | 42,5   | 9   |
| 102       | adulto   | p    | 154  | 155  | 75  | 3,4    | 43    | 25   | 8,5  | 10,6 | 0,7  | 64     | 53  |
| 103       | adulto   | p    | 120  | 123  | 61  | 2,7    | 8     | 17   | 1    | 8,5  | 0,55 | 51,5   | 17  |
| 104       | adulto   | p    | 125  | 154  | 69  | 3,4    | 29    | 21   | 5    | 10,5 | 0,8  | 52     | 36  |
| 105       | adulto   | p    | 139  | 149  | 39  | 3,2    | 57    | 21   | 3    | 11,8 | 0,67 | 67,5   | 68  |
| 106       | adulto   | p    | 141  | 142  | 69  | 2,2    | 19    | 15   | 5    | 6,9  | 0,44 | 54     | 22  |
| 107       | adulto   | p    | 131  | 142  | 53  | 2,9    | 36    | 20   | 5    | 11,3 | 0,66 | 72     | 47  |
| 108       | adulto   | p    | 102  | 102  | 89  | 2,6    | 8     | 19,5 | 1,5  | 10,5 | 0,5  | 34     | 11  |
| 109       | adulto   | p    | 101  | 117  | 34  | 3,2    | 32    | 23   | 4,5  | 10,6 | 0,58 | 57,5   | 39  |
| 110       | adulto   | p    | 69   | 69   | 0   | 1,6    | 0     | 23   | 3    | 11,8 | 0,53 | 23     | 0   |
| 111       | adulto   | p    | 156  | 170  | 97  | 3,1    | 24    | 21   | 3    | 12,5 | 0,55 | 36     | 27  |
| 112       | adulto   | p    | 102  | 120  | 49  | 2,9    | 44    | 21   | 0,5  | 10,9 | 0,48 | 54,5   | 42  |
| 113       | adulto   | p    | 63   | 63   | 0   | 2,1    | 0     | 30   | 9    | 16   | 0,73 | 30     | 0   |
| 114       | adulto   | p    | 75   | 75   | 0   | 3      | 0     | 38   | 12   | 15,5 | 0,75 | 38     | 0   |
| 115       | adulto   | p    | 126  | 126  | 67  | 2,4    | 21    | 25,5 | 4    | 12,5 | 0,39 | 59,5   | 24  |
| 116       | adulto   | p    | 85   | 95   | 39  | 2      | 8     | 22   | 1,5  | 13,6 | 0,47 | 50,5   | 13  |
| 117       | adulto   | p    | 158  | 168  | 76  | 4,1    | 54    | 23   | 4,5  | 10   | 0,32 | 68,5   | 59  |
| 118       | adulto   | p    | 108  | 112  | 39  | 2,2    | 38    | 11   | 1    | 6,1  | 0,43 | 62,5   | 46  |
| 119       | adulto   | p    | 142  | 148  | 68  | 3,2    | 50    | 16   | 4,5  | 8,1  | 0,46 | 82     | 57  |
| 120       | adulto   | p    | 153  | 153  | 49  | 3,7    | 41    | 28   | 6    | 14,6 | 0,47 | 62     | 51  |
| 121       | adulto   | p    | 172  | 172  | 117 | 3,3    | 22    | 24   | 0,5  | 10,5 | 0,46 | 83     | 26  |
| 122       | adulto   | p    | 100  | 100  | 36  | 2,8    | 5     | 27,5 | 14,5 | 12   | 0,56 | 33,5   | 7   |
| 123       | adulto   | p    | 86   | 86   | 50  | 2,4    | 1     | 23   | 4,5  | 11,1 | 0,44 | 33,5   | 2   |
| 124       | adulto   | p    | 102  | 103  | 75  | 2,4    | 1     | 27   | 2    | 12,4 | 0,7  | 36,5   | 3   |
| 125       | adulto   | p    | 171  | 183  | 165 | 2,5    | 19    | 0    | 0    | 0    | 0    | 43,5   | 26  |
| 126       | adulto   | p    | 93   | 111  | 40  | 2,3    | 14    | 19   | 0,5  | 10   | 0,32 | 33     | 21  |
| 127       | adulto   | p    | 76   | 86   | 36  | 2,1    | 11    | 22,5 | 3    | 8,4  | 0,39 | 41,5   | 15  |
| 128       | adulto   | p    | 200  | 200  | 110 | 3,3    | 22    | 24   | 0,5  | 12,3 | 0,66 | 82,5   | 19  |
| 129       | adulto   | p    | 124  | 124  | 66  | 2,9    | 15    | 21   | 0    | 10,7 | 0,47 | 45     | 22  |
| 130       | adulto   | p    | 115  | 126  | 41  | 3,4    | 25    | 16   | 6,5  | 8,5  | 0,46 | 53,5   | 25  |
| 131       | adulto   | p    | 136  | 136  | 0   | 2,5    | 0     | 28   | 13   | 13,4 | 0,51 | 28     | 0   |
| 132       | plântula | p    | 12   | 12   | 0   | 2,1    | 0     | 9    | 0    | 9    | 0,47 | 9      | 0   |
| 133       | plântula | p    | 19   | 19   | 0   | 2,4    | 0     | 16   | 0    | 13,2 | 0,26 | 16     | 0   |
| 134       | plântula | p    | 24   | 24   | 0   | 2,5    | 0     | 19   | 1,5  | 12,4 | 0,41 | 19     | 0   |
| 135       | adulto   | p    | 66   | 66   | 0   | 2,8    | 0     | 30   | 8,5  | 16,7 | 0,55 | 30     | 0   |
| 136       | adulto   | p    | 106  | 158  | 67  | 3,1    | 41    | 19   | 0    | 9,5  | 0,3  | 95     | 26  |
| 137       | adulto   | p    | 86   | 99   | 70  | 2,3    | 7     | 19,5 | 0    | 9    | 0,39 | 34,5   | 10  |
| 138       | plântula | p    | 18   | 18   | 0   | 2,1    | 0     | 10   | 0    | 9,5  | 0,32 | 10     | 0   |
| 139       | adulto   | p    | 63   | 63   | 0   | 2,2    | 0     | 25   | 5,5  | 12,4 | 0,46 | 25     | 0   |

| Indivíduo | Idade    | Solo | HPRI | HMAX | H1R | DIAPRI | INFLO | DCI  | CLF | CF   | LF   | DIACOP | RA |
|-----------|----------|------|------|------|-----|--------|-------|------|-----|------|------|--------|----|
| 140       | plântula | p    | 11   | 11   | 0   | 2,4    | 0     | 0    | 10  | 0    | 0    | 0      | 0  |
| 141       | plântula | p    | 21   | 21   | 0   | 2,3    | 0     | 25   | 0   | 14,7 | 0,55 | 25     | 0  |
| 142       | adulto   | p    | 78   | 78   | 47  | 2      | 1     | 18   | 4   | 10,3 | 0,49 | 30     | 3  |
| 143       | adulto   | p    | 102  | 102  | 45  | 1,8    | 5     | 14,5 | 9   | 8    | 0,43 | 31     | 9  |
| 144       | adulto   | p    | 72   | 72   | 51  | 1,2    | 0     | 14   | 4,5 | 9,5  | 0,5  | 26,5   | 3  |
| 145       | adulto   | p    | 130  | 130  | 86  | 2,7    | 4     | 30   | 14  | 17,5 | 0,56 | 46     | 5  |
| 146       | adulto   | p    | 82   | 89   | 53  | 2,2    | 8     | 17   | 6   | 10   | 0,38 | 44,5   | 12 |
| 147       | adulto   | p    | 94   | 105  | 68  | 1,9    | 7     | 0    | 0   | 0    | 0    | 33,5   | 10 |
| 148       | plântula | p    | 15   | 15   | 0   | 2,3    | 0     | 21   | 0   | 11,3 | 0,35 | 21     | 0  |
| 149       | adulto   | p    | 155  | 155  | 102 | 2,4    | 12    | 19   | 5,5 | 17   | 0,58 | 41,5   | 19 |
| 150       | adulto   | p    | 158  | 158  | 98  | 3,2    | 1     | 26   | 10  | 14,4 | 0,44 | 61     | 11 |
| 151       | adulto   | p    | 125  | 128  | 82  | 2,6    | 9     | 15   | 13  | 7,4  | 0,3  | 33     | 14 |
| 152       | adulto   | p    | 133  | 133  | 64  | 2,6    | 38    | 25   | 5   | 13,4 | 0,47 | 59,5   | 44 |
| 153       | adulto   | p    | 116  | 128  | 43  | 2,5    | 31    | 13   | 6   | 7    | 0,25 | 48,5   | 32 |
| 154       | plântula | p    | 19   | 19   | 0   | 2,5    | 0     | 13   | 0   | 0    | 0    | 13     | 0  |
| 155       | adulto   | p    | 82   | 84   | 45  | 2,3    | 10    | 18   | 3   | 10,1 | 0,46 | 38,5   | 14 |
| 156       | adulto   | p    | 62   | 104  | 45  | 3      | 12    | 13   | 0   | 9    | 0,24 | 62     | 10 |
| 157       | adulto   | p    | 71   | 71   | 0   | 2,2    | 0     | 28   | 7   | 13,5 | 0,63 | 28     | 0  |
| 158       | adulto   | p    | 88   | 88   | 58  | 2,1    | 7     | 18   | 4,5 | 12   | 0,46 | 39     | 9  |
| 159       | adulto   | p    | 156  | 156  | 65  | 3      | 37    | 18   | 5,5 | 10,4 | 0,67 | 74,5   | 41 |
| 160       | adulto   | p    | 115  | 117  | 52  | 2,2    | 14    | 18,5 | 5   | 9    | 0,48 | 43     | 23 |

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)