



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**FRANCISCO CARLOS BARBOZA NOGUEIRA**

**GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO INICIAL, FENOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DA ESPÉCIE *Dalbergia cearensis* Ducke**

**FORTALEZA**

**2012**

**FRANCISCO CARLOS BARBOZA NOGUEIRA**

**GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO INICIAL, FENOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DA ESPÉCIE *Dalbergia cearensis* Ducke**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho/UFC

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Izabel Gallão/UFC

**FORTALEZA**

**2012**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- N712g Nogueira, Francisco Carlos Barboza.  
Germinação, desenvolvimento inicial, fenologia e distribuição espacial da espécie *Dalbergia cearensis* Ducke / Francisco Carlos Barboza Nogueira. – 2012.  
137 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2012.  
Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais  
Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.  
Coorientação: Profa. Dra. Maria Izabel Gallão.
1. Germinação. 2. *Dalbergia*. 3. Plantas - Fotomorfogênese. 4. Fenologia vegetal. I. Título.

**FRANCISCO CARLOS BARBOZA NOGUEIRA**

**GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO INICIAL, FENOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO  
ESPACIAL DA ESPÉCIE *Dalbergia cearensis* Ducke**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 29/02/2012

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

*Rafael S. Oliveira*

---

Prof. Dr. Rafael Silva Oliveira  
Universidade de Campinas - UNICAMP

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

---

Prof. Dr. Rogério Parentoni Martins  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra  
Universidade Federal do Ceará – UFC

## AGRADECIMENTOS

Quando decidimos prestar concurso para uma vaga no doutorado em Ecologia não tínhamos noção do que iríamos enfrentar na realidade. Deixar de ser um profissional que exerceu cargo de direção para ser estudante teve seu preço. Foram horas de estudos e reflexões, afastados dos amigos e isolados do convívio de nossa família, filhas e esposa. Contudo, retornar aos bancos da Universidade, depois de vinte anos, foi uma experiência maravilhosa que ficará gravada por toda a nossa existência. Assim, desejamos expressar nossos sinceros agradecimentos aos que nos deram força e incentivo ao longo dessa caminhada.

Ao Professor Dr. Sebastião Medeiros Filho, pela orientação, confiança, apoio e amizade.

A Professora Dra. Maria Izabel Gallão pelos comentários apresentados.

Ao Professor Dr. Fernando Roberto Martins pelas valiosas sugestões, ensinamentos e conselhos.

A Professora Dra. Francisca Soares de Araújo pela atenção dispensada.

Ao Professor Dr. Rogério Parentoni Martins por sua amizade e pela contribuição nas revisões dos manuscritos.

Ao Professor Dr. Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra pelo apoio, amizade, pelas contribuições nas análises de estatística e por disponibilizar a estrutura do Núcleo de Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU para avaliação do experimento de irradiância.

Aos membros da banca examinadora, professores Dr. Rafael Silva Oliveira, Dra. Dalva Maria da Silva Matos, Dr. Rogério Parentoni Martins e Dr. Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra por aceitarem o convite para avaliarem esta tese.

A meus pais, especialmente a minha mãe Idelzuite pelo exemplo de vida e minha irmã Iteméia pelo carinho.

A minha esposa Cristina e filhas Lília e Denise pelo amor que sentem por mim.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela oportunidade concedida e pela liberação em tempo integral para realização do Doutorado.

Aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a realização da pesquisa na área da Unidade de Conservação.

A todos os professores, servidores e colegas do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará - UFC.

Aos colegas do Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFC, especialmente ao Wêndney Lima por sua valiosa colaboração no laboratório e no NEPAU.

Aos amigos Alípio Pacheco, Andréa Silveira, Bruno Menezes, Francyrégis Nunes, Ileane Oliveira e Jamili Fialho agradeço o privilégio de suas amizades e companhia nas horas que passamos em calorosas discussões ecológicas e a todos os colegas do PPGERN que me auxiliaram nessa jornada.

Aos secretários, Irlano e Nanan, da Diretoria do Centro de Ciências Agrárias/UFC pela atenção e acolhida que sempre dispensaram.

Ao Sr. Manuel, gerente da Fazenda Não me Deixes, e aos moradores João e Evandro pelo valioso apoio aos trabalhos de campo.

“Chico Bento parou. Alongou os olhos pelo horizonte cinzento. O pasto, as várzeas, a caatinga, o marmeleiral esquelético, era tudo de um cinzento de borralho.

O próprio leite das lagoas vidrara-se em torrões de lama ressequida, cortada aqui e além por alguma pacavira defunta que retorcia as folhas empapeladas”

Extraído do livro “O quinze” da escritora Raquel de Queiroz.

## RESUMO

A produção de sementes viáveis, dispersão, germinação e crescimento inicial de plântulas são eventos do ciclo de vida das angiospermas que fazem parte do Nicho de regeneração. Entender como esses eventos ocorrem diante de fatores ambientais como temperatura, luz e umidade e como os indivíduos jovens e adultos estão distribuídos espacialmente no ambiente, aumenta a probabilidade de obtermos sucesso no estabelecimento de espécies vegetais e de seus crescimentos futuros. *Dalbergia cearensis* é uma espécie endêmica da floresta xerófila espinhosa do nordeste do Brasil. Sua madeira é muito apreciada para a fabricação de móveis de fino acabamento e instrumentos musicais. Nesse estudo, procuramos compreender os aspectos morfológicos de seus frutos, sementes e plântulas, a influência da luz e temperatura na germinação das sementes, a fenologia e sua distribuição espacial. Os frutos de *D. cearensis* foram descritos como sâmaras que possuem características para dispersão anemocórica. Seu processo germinativo é relativamente rápido, iniciando-se após três dias da sementeira. Suas sementes germinam na presença e na ausência de luz, com as maiores porcentagens de germinação alcançadas nas temperaturas de 25, 30 e 35° C. As plantas jovens de *D. cearensis* mostram maior crescimento da parte aérea sob sombreamento e suas raízes crescem mais a plena luz. A sua árvore perde folhas durante o período seco que vai de julho a dezembro. Com o início das chuvas (dezembro) começa a emissão de brotos foliares que acontece até março. Suas flores surgem com o ritmo das chuvas e podem ocorrer entre novembro e janeiro. O pico fenológico de frutos maduros ocorre em maio. A população de indivíduos jovens e adultos localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Não me Deixes, em Quixadá, Ceará, apresenta distribuição agregada. A maior proporção de sementes dispersadas ocorre a 3 metros de distância dos adultos mais próximos.

**Palavras-chave:** Agrupamento, crescimento inicial, deciduidade, luz, sombreamento.



## ABSTRACT

The viable seed production, dispersal, germination and early growth of seedlings are events of the life cycle of angiosperms that are part of the regeneration niche. Understanding how these events occur before environmental factors such as temperature, light and humidity and how the young and adult individuals are spatially distributed in the environment, increases the probability of getting success in the establishment of plant species and their future growth. *Dalbergia cearensis* is an endemic species of xerophilous thorny forest (caatinga) of northeastern Brazil. Its wood is much appreciated for the production of finely crafted furniture and musical instruments. In this study, we tried to understand the morphology of its fruit, seeds, and seedlings, the influence of light and temperature on seed germination, phenology, and spatial distribution. Fruits of *D. cearensis* were described as samaras which have features to spread anemochorous dispersion. Its germination process is relatively fast, beginning after three days of sowing. Its seeds germinate in the presence and absence of light, with the highest percentage of germination reached at temperatures of 25, 30 and 35°C. The young plants of *D. cearensis* show greater shoot growth under shade and their roots grow in the full light. Your tree loses leaves during the dry season which runs from July to December. At the beginning of rains (December), it starts the issuance of leaf buds which happens until March. Its flowers appear with the rain constancy and can happen between November and January. The phenological peak of ripe fruit happens in May. The young and adult population placed in Private Reserve of Natural Patrimony Não Me Deixes Farm in Quixadá, Ceará shows aggregated distribution. The highest proportion of seeds dispersed is 3 meters away from the nearest adult.

**Keyword:** Grouping, initial growth, deciduous, shading.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 A-D – Frequências dos comprimentos, largura, espessura e peso de frutos de *Dalbergia cearensis*.....30
- Figura 2 A-D – Frequências dos comprimentos, largura, espessura e peso de sementes de *Dalbergia cearensis*.....32
- Figura 3 – Frutos tipo sâmara de *D. cearensis* Ducke.....33
- Figura 4 – Aspectos morfológicos da semente de *D. cearensis* Ducke.....35
- Figura 5 – Aspectos morfológicos da germinação fanerocotiledonar-epígea-armazenadora (PER) de *Dalbergia cearensis* Ducke: A – semente embebida e início da ruptura do tegumento (03 dias); B – plântula com 04 dias; tg – tegumento, rp – raiz primária; C – plântula com 05 dias; D – plântula com 06 dias, e – cotilédones; E – plântulas com 07 dias, p – protófilo; F – plântula com 10 dias, rp – raiz primária, rs – raiz secundária, co – colo, hp – hipocótilo, c – cotilédone, e – epicótilo, eo – eófilos.....36
- Figura 6 – Aspectos morfológicos da plântula de *D. cearensis* Ducke aos 13 dias após a semeadura (A) e planta juvenil aos 31 dias, sem cotilédones (B). (rp – raiz primária, co – colo, hp – hipocótilo, c – cotilédones, ep – epicótilo, p – protófilos, nc – nó cotiledonar).....38
- Figura 7 – Porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....56
- Figura 8 – Médias da porcentagem de germinação (% germinação) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....57
- Figura 9 – Índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....58
- Figura 10 – Tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....60
- Figura 11 – Comportamento diário da temperatura (°C) nos quatro tratamentos estudados, obtido em 17/6/2010, na área do experimento localizada nas coordenadas geográficas 03° 44' 17" S e 38° 34' 22" W, com altitude de 12 m. Pleno Sol (-◆-); 50% sombra (-●-); 70% sombra (-▲-) e 90% sombra (-■- ).....77
- Figura 12 – Comportamento diário da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos quatro tratamentos estudados, obtido em 17/6/2010, na área do experimento localizada nas coordenadas geográficas 03° 44' 17" S e 38° 34' 22" W, com altitude de 12 m. Pleno Sol (-◆-); 50% sombra (-●-); 70% sombra (-▲-) e 90% sombra (-■- ).....77
- Figura 13 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável

“Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da precipitação média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.....101

Figura 14 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da precipitação média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.....101

Figura 15 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da temperatura média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.....102

Figura 16 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da temperatura média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.....102

Figura 17 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da insolação média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.....103

Figura 18 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da insolação média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.....103

Figura 19 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da disponibilidade hídrica do solo para o período de maio de 2009 a abril de 2010.....104

Figura 20 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da disponibilidade hídrica do solo para o período de maio de 2010 a abril de 2011.....104

Figura 21a – Mapa do Índice de agregação (V) de plantas adultas de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área I, com área de 4,0 ha.....124

Figura 21b – Mapa do Índice de agregação (V) de plantas adultas de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área II, com área de 4,0 ha.....124

Figura 22a – Mapa do Índice de agregação (V) de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área I, com área de 4,0 ha.....125

Figura 22b – Mapa do Índice de agregação (V) de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área II, com área de 4,0 ha.....125

Figura 23 – Quantidade de sementes de *D. cearensis* coletadas em diferentes distâncias (em metros) a partir da planta parental para as duas áreas estudadas.....126

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Média, desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança (IC) referentes às determinações biométricas (comprimento, largura e espessura) e peso em uma amostra de 100 frutos de *Dalbergia cearensis* Ducke.....30
- Tabela 2 – Média, desvio padrão, erro padrão coeficiente de variação e intervalo de confiança referentes às determinações biométricas em uma amostra de 200 sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke.....31
- Tabela 3 – Porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais de *Dalbergia cearensis* Ducke, aos 14 dias após a germinação.....37
- Tabela 4 – Comprimento da raiz, parte aérea e razão comprimento da raiz/comprimento da parte aérea de *Dalbergia cearensis* Ducke, aos 28 dias de idade.....39
- Tabela 5 – Peso seco (g) da raiz, parte aérea e razão peso seco da raiz/peso seco da parte aérea de *Dalbergia cearensis* Ducke, aos 28 dias de idade.....39
- Tabela 6 – Quadrados médios e coeficientes de variação relativos a porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em *Dalbergia cearensis* Ducke submetida à germinação em diferentes temperaturas em condições de escuro e luz.....55
- Tabela 7 – Quadrados médios e coeficientes de variação relativos a porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura.....56
- Tabela 8 – Médias da porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....57
- Tabela 9 – Médias do índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....59
- Tabela 10 – Médias do tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.....60
- Tabela 11 – Análise química do solo da Fazenda Não me Deixes, município de Quixadá, Ceará, utilizado como substrato para desenvolvimento de plantas de *D. cearensis*. Análise efetuada no Laboratório de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.....74
- Tabela 12 – Altura, diâmetro do coleto, comprimento de raiz e número de folhas de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke, submetidas a diferentes condições de sombreamento em viveiro. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra

na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.....78

Tabela 13 – Resultados dos diferentes níveis de sombreamento sobre a massa seca de raiz (R), caule (C), folhas (F), Total (R+C+F) e relação raiz/parte aérea (R/C+F) de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.....80

Tabela 14 – Resultados dos diferentes níveis de sombreamento sobre a razão altura/coleto e a razão comprimento da raiz/comprimento do caule de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.....82

Tabela 15 – Estatística circular das fenofases em *Dalbergia cearensis* Ducke para o período de maio de 2009 a abril de 2011, na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Fazenda Não me Deixe, localizada no município de Quixadá, Ceará.....105

Tabela 16 – Estrutura espacial de *D. cearensis*. Estágios, áreas amostradas, número de indivíduos (N), índice de agregação (Ia), índice de agregação para agrupamentos (Vi) e índice de agregação para clareiras (Vj).....123

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
1.1 Introdução .....	16
Referências .....	20
<b>CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DA GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE FRUTOS, SEMENTES E PLÂNTULAS DE <i>Dalbergia cearensis</i> Ducke (PAU-VIOLETA) – FABACEAE</b> .....	25
2.1 Introdução .....	26
2.2 Material e métodos .....	27
2.2.1 <i>Local de coleta e armazenamento</i> .....	27
2.2.2 <i>Biometria e descrição morfológica dos frutos e sementes</i> .....	27
2.2.3 <i>Teste de germinação</i> .....	28
2.2.4 <i>Morfologia do processo de germinação até plântula</i> .....	29
2.2.5 <i>Classificação de tipos de plântulas</i> .....	30
2.3 Resultados e discussão.....	30
2.3.1 <i>Biometria do fruto e da semente</i> .....	30
2.3.2 <i>Morfologia do fruto e modo de dispersão</i> .....	34
2.3.3 <i>Descrição morfológica da semente</i> .....	36
2.3.4 <i>Aspectos da germinação</i> .....	37
2.3.5 <i>Morfologia da plântula</i> .....	38
2.4 Agradecimentos .....	42
Referências .....	43
<b>CAPÍTULO 3: EFEITO DA TEMPERATURA E LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Dalbergia cearensis</i> Ducke</b> .....	49
3.1 Introdução .....	50
3.2 Material e métodos .....	52
3.2.1 <i>Local de coleta e armazenamento</i> .....	52
3.2.2 <i>Preparo de exsicatas</i> .....	53
3.2.3 <i>Teste de germinação</i> .....	53
3.3 Resultados e discussão.....	55
3.4 Conclusões .....	63
3.5 Agradecimentos .....	64
Referências .....	65
<b>CAPÍTULO 4: EFEITOS DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE <i>Dalbergia cearensis</i> Ducke (FABACEAE)</b> .....	71
4.1 Introdução .....	72
4.2 Material e métodos .....	74
4.2.1 <i>A espécie estudada</i> .....	74
4.2.2 <i>Área de estudo</i> .....	74
4.2.3 <i>Delineamento experimental</i> .....	75
4.2.4 <i>Coleta dos dados</i> .....	76
4.2.5 <i>Análise dos dados</i> .....	77
4.4 Discussão .....	84
4.5 Agradecimentos .....	88
Referências .....	89

<b>CAPÍTULO 5: FENOLOGIA DE <i>Dalbergia cearensis</i> Ducke (FABACEAE) EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL, SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL .....</b>	<b>95</b>
<b>5.1 Introdução .....</b>	<b>96</b>
<b>5.2 Material e métodos .....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.1 Localização e caracterização ambiental da área de estudo .....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.2 A espécie estudada .....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.3 Coleta dos dados fenológicos .....</b>	<b>99</b>
<b>5.2.4 Testes de distribuição e correlação entre variáveis ambientais e fenologia .....</b>	<b>100</b>
<b>5.2.5 Distribuição de frequências .....</b>	<b>100</b>
<b>5.3 Resultados .....</b>	<b>101</b>
<b>5.3.1 Abscisão foliar .....</b>	<b>106</b>
<b>5.3.2 Incisão foliar .....</b>	<b>107</b>
<b>5.3.3 Floração .....</b>	<b>107</b>
<b>5.3.4 Frutificação .....</b>	<b>108</b>
<b>5.4 Discussão .....</b>	<b>108</b>
<b>5.5 Conclusões .....</b>	<b>112</b>
<b>5.6 Agradecimentos .....</b>	<b>113</b>
<b>Referências .....</b>	<b>114</b>

<b>CAPÍTULO 6: A DISPERSÃO DE SEMENTES ESTÁ RELACIONADA COM O PADRÃO ESPACIAL DE INDIVÍDUOS DA POPULAÇÃO? O CASO DA <i>Dalbergia cearensis</i> Ducke .....</b>	<b>119</b>
<b>6.1 Introdução .....</b>	<b>120</b>
<b>6.2 Material e métodos .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.1 Local de estudo .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.2 Espécie focal e coleta de dados .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.3 Análise de dados .....</b>	<b>123</b>
<b>6.3 Resultados .....</b>	<b>123</b>
<b>6.4 Discussão .....</b>	<b>128</b>
<b>6.5 Conclusão .....</b>	<b>130</b>
<b>6.6 Agradecimentos .....</b>	<b>132</b>
<b>Referências .....</b>	<b>133</b>



## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 Introdução

Ao estudar como a riqueza em espécies vegetais se manteria em populações que vivem em campos calcários da Grã Bretanha, Grubb (1977) definiu nicho de regeneração para caracterizar a influência de tolerâncias ecológicas e de exigências ambientais que podem afetar a probabilidade de sucesso de que um indivíduo adulto da geração seguinte substitua outro indivíduo adulto da geração anterior. Nicho de regeneração diz respeito à ocorrência da maioria dos eventos que caracterizam o início do ciclo de vida de uma planta: floração, produção de sementes viáveis, dispersão, germinação, estabelecimento e crescimento. A influência positiva de fatores ambientais (temperatura, luz, umidade) sobre esses eventos aumenta a probabilidade de que ocorra recrutamento em ambientes ou locais mais favoráveis para a sobrevivência e desenvolvimento da futura planta (WILLSON; TRAVESET, 2000; POORTER *et al.*, 2005; YANG *et al.*, 2008; CIPRIOTTI *et al.*, 2008).

Considerando que a variação de tamanho em sementes produzidas por indivíduos de uma mesma população seja vantajosa, pode-se esperar maiores porcentagens e menores tempos de germinação para sementes pequenas que conseguem alcançar ambientes abertos sob maior intensidade luminosa (DU; HUANG, 2008). Além disso, em condições naturais, plântulas que apresentam morfologias distintas necessitam de quantidades diferentes de luz para seu desenvolvimento (KITAJIMA; FENNER, 2000). Por exemplo, plântulas que se estabelecem sob condições de sombreamento têm maiores quantidades de tecidos de reserva em suas sementes, o que aumenta a probabilidade de sobrevivência sob níveis limitados de luminosidade. Em contraste, plântulas que se estabelecem em ambientes sob maior exposição à luz, têm poucas reservas, mas seus cotilédones são fotossintetizantes e por isso seu crescimento é mais rápido (GARWOOD, 1996; IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001).

Deste modo, temperatura, luz e umidade podem influenciar tanto na germinação de sementes (GONZÁLEZ-RIVAS *et al.*, 2009; KHURANA; SINGH, 2001; SACK; GRUBB, 2002; YANG *et al.*, 2007; DU; HUANG, 2008) quanto na sobrevivência de plântulas (GERHARDT, 1996; KHURANA; SINGH, 2001). A temperatura é importante porque altera a porcentagem e velocidade de germinação ao influenciar a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o seu metabolismo (BEWLEY; BLACK, 1994). Por

outro lado, a luz nem sempre é um fator limitante para a germinação de sementes, pois sua resposta à germinação pode variar entre as espécies (KHURANA; SINGH, 2001). Outro fator que influencia a germinação de sementes viáveis e não dormentes é a disponibilidade de água para embebição, que permite intensificar a respiração e conseqüentemente fornecer energia e nutrientes para o crescimento do eixo embrionário (BEWLEY; BLACK, 1994).

A estacionalidade climática exerce forte influência sobre a performance dos indivíduos de uma população vegetal, notadamente sobre seus ritmos fenológicos e capacidade de estabelecimento (RAMOS *et al.*, 2004). Nessas condições ambientais variáveis, os indivíduos apresentam elevada razão raiz/parte aérea, baixas taxas de crescimento, baixa aquisição de recursos e de renovação de tecidos, o que lhes permite crescer e se estabelecer em ambientes extremos (CHAPIN III; AUTUNM; PUGNAIRE, 1993). Por outro lado, em ambientes marcados por forte sazonalidade climática, a dispersão de sementes e o estabelecimento de plântulas são processos que ocorrem em tempos distintos de algumas semanas e a alguns meses (HOULE, 1998). Neste intervalo, a ação de fatores abióticos e bióticos podem influenciar a distribuição espacial da população de indivíduos jovens e adultos.

Há vários estudos que avaliaram os efeitos da temperatura e luz sobre germinação de sementes (GONZÁLEZ-RIVAS *et al.*, 2009 ); os efeitos da luz sobre a variação em tamanho de sementes (JANKOWSKA-BLASZCZUK; DAWS, 2007), além da avaliação do desenvolvimento inicial e repartição de biomassa, em diferentes condições de sombreamento (KE; WERGER, 1999; RAMOS *et al.*, 2004). No entanto, poucos estudos abordaram os efeitos dessas variáveis ambientais sobre o desempenho dos indivíduos de uma única espécie tendo em vista oferecer subsídios para sua conservação (GARCIA; DI STÉFANO, 2000; FERRAZ-GRANDE; TAKAKI, 2001).

Atualmente, desmatamento e a fragmentação de habitats são considerados as causas mais importantes que provocam a extinção local de populações (WILCOX; MURPHY, 1985). Devido á complexidade da ação desses eventos, há necessidade de responder a muitas questões referentes á vulnerabilidade à extinção de espécies que vivem nesses ambientes sob forte impacto. Dentre um conjunto amplo de questões destacam-se as seguintes: qual seria a condição ótima de temperatura e luz para a germinação de sementes e quais são as condições de luminosidade e umidade mais adequadas para que uma espécie atinja seu pleno desenvolvimento? Quais suas características fenológicas? De que modo seus indivíduos jovens e adultos se distribuem no espaço? Como se dá a dispersão de seus propágulos?

Para responder a estas perguntas realizou-se um estudo de uma população de *Dalbergia cearensis* Ducke, espécie endêmica da região semiárida do Nordeste brasileiro e conhecida pelos nomes vulgares Brazilian kingwood, jacarandá-violeta, miolo de negro, pau-violeta e violeta (CARVALHO, 1997). Devido ao fato de sua madeira ser adequada para a fabricação de peças do mobiliário caseiro de fino acabamento, como também, em marchetaria e pisos como assoalhos, seu valor financeiro é muito elevado (KINGWOOD, 2005). Por não se encontrar na lista oficial das espécies ameaçadas ou em perigo de extinção do Ministério do Meio Ambiente - MMA, *D. cearensis* está vulnerável à exploração excessiva. Por este motivo, o objetivo deste estudo foi o de obter informações que possam contribuir para sua conservação.

O estudo abordou a influência da luz, temperatura e umidade sobre o ciclo de vida de *D. cearensis*, além de uma avaliação sobre o comportamento fenológico e distribuição espacial de seus indivíduos. Os resultados obtidos foram organizados em forma de artigos conforme descrito abaixo.

O primeiro artigo, que corresponde ao segundo capítulo da tese, aborda a caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *D. cearensis*, em laboratório e casa de vegetação. Esses estudos são importantes para auxiliar na interpretação dos testes de germinação em laboratório e orientar sobre o correto armazenamento de sementes e métodos de cultivos (DONADIO; DEMATTÊ, 2000). Características dos cotilédones tais como tamanho, função e posição no desenvolvimento inicial de plântulas podem ser decisivos para a obtenção de recursos ambientais e para diminuir a mortalidade e, portanto, aumentar a aptidão darwiniana dos indivíduos da população (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001).

O terceiro capítulo contém a avaliação do processo germinativo das sementes na presença e ausência de luz e submetidas a temperaturas constantes e alternada, sob fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. O conhecimento sobre o comportamento germinativo de uma espécie vegetal é muito importante para orientar a adoção de técnicas que visem sua propagação. A posse de tais informações permite prever qual será o grau de sucesso de desenvolvimento dos indivíduos, tendo em vista a distribuição da germinação no tempo e o recrutamento de plântulas (RANAL; SANTANA, 2006).

O quarto capítulo apresenta os experimentos que foram delineados para avaliar os ritmos de desenvolvimento inicial de plântulas e partição de biomassa, sob diferentes níveis de sombreamento. Por ser muito disponível em regiões semiáridas, a luz não é um fator limitante ao desenvolvimento de plantas que vivem nestas regiões (JURADO *et al.*, 2000;

GASQUE; GARCÍA-FAYOS, 2004). Porém, uma planta pode ter sua capacidade fotossintética reduzida por meio do processo de fotoinibição, quando for exposta a níveis de radiação que excedam sua capacidade de saturar a fotossíntese (GIERSCH; ROBINSON, 1987).

O quinto capítulo se refere à caracterização da fenologia da abscisão foliar, brotamento, floração e frutificação em *D. cearensis*. A determinação de padrões fenológicos é particularmente importante para se entender o funcionamento de plantas que vivem florestas secas, pois nestas as estações secas sazonais são muito mais pronunciadas do que em florestas não sazonais (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000).

No sexto e último capítulo são apresentadas as análises de distribuição espacial de jovens e adultos de *D. cearensis*. Neste caso avaliou-se a influência de fatores abióticos sobre o recrutamento e na distribuição dos adultos na população. Esses dois estágios do ciclo de vida, por estarem separados temporalmente, podem apresentar padrões distintos de distribuição em decorrência da ação desses fatores. Nesse estudo se verificou a consistência do padrão de distribuição espacial de jovens e adultos em *Dalbergia cearensis* por meio do sistema SADIE (PERRY, 1998).

A espécie *Dalbergia cearensis* possui atributos que são favoráveis para sua ocorrência no ambiente semiárido do Nordeste brasileiro. Suas sementes são pequenas, germinam rápido (3 dias), em ampla faixa de germinação 20 a 40 °C, em condições de luz e escuro. Suas plantas jovens mostram maior crescimento da parte aérea sob sombreamento e suas raízes crescem mais a pleno sol. Sua fenologia vegetativa e reprodutiva acompanha a sazonalidade da precipitação pluviométrica durante a estação seca e chuvosa. Seus diásporos são dispersos e alcançam uma maior proporção a 3 metros de distância dos adultos parentais mais próximos. Suas plantas jovens e adultas mostram um padrão de distribuição espacial agregado.

## Referências

- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York and London: Plenum Press, 1994. 445p.
- CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v.49, n.1, p.87-109, 1997.
- CIPRIOTTI, P. A., FLOMBAUM, P., SALA, O. E. , AGUIAR, M. R. Does drought control emergence and survival of grass seedlings in semi-arid rangelands? An example with a Patagonian species. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 162-174, 2008.
- CHAPIN III, F. S.; AUTUNM, K; PUGNAIRE, F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist**, v. 142 (supplement), p. 79-92, 1993.
- DONADIO, N. M. M.; DEMATÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n.1, p. 64-73, 2000.
- DU, Y.; HUANG, Z. Effects of seed mass and emergence time on seedling performance in *Castanopsis chinensis*. **Forest Ecology and Management**, v.255,p. 2495-2501, 2008.
- FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n.4, p. 401-404, 2001.
- GARCIA, E.G.; DI STÉFANO, J.F. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol em peligro de extincion. **Revista de Biología Tropical**, v.48, n.1, p.43-45, 2000.
- GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SAINÉ, M. D (ed.), **The ecology of tropical forest tree seedlings**, p. 59-129. Man and the Biosphere series, v. 17. UNESCO, Paris and Parthenon, Paris, France, 1996.
- GASQUE, M.; GARCÍA-FAYOS, P. Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid Mediterranean areas. **Forest Ecology Management**, v.189, n.1-3, p. 251-261, 2004.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology Management**, v. 82, n. 1-3, p. 33-48, 1996.

GIERSCH, C.; ROBINSON, S.P. Effects of photoinhibition on photosynthetic carbon metabolism in intact isolated spinach chloroplasts. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 439-449, 1987.

GONZÁLEZ-RIVAAS, B. TIGABU, M.; CASTRO-MIRIN, G. ODÉN, P.C. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry Forest species in response to temperature and light conditions. **Journal of Forestry Research**, v. 20, n.2, p. 99-104, 2009.

GRUBB, P. J. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Reviews**, n. 52, p. 107-145, 1977.

HOULE, G. Seed dispersal and seedling recruitment of *Betula alleghaniensis*: special inconsistency in time. **Ecology**, n.3, v.79, p. 807-818, 1998.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M.; OYAMA, K. Seedling functional types in a lowland rain Forest in Mexico. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 10, p. 1801-1812, 2001.

JANKOWSKA-BLASCZUK, M.; DAWS, M.I. Impact of red:far red ratios on germination of temperate forest herbs in relation to shade tolerance, seed mass and persistence in the soil. **Functional Ecology**, 21, p. 1055-1062, 2007.

JURADO, E.; AGUIRRE, O.; FLORES, J.; NAVAR, J.; VILLALON, H.; WESTER, D. Germination in Tamaulipan thornscrub of Northeastern Mexico. **Journal of Arid Environments**, v.46, n.4, p. 413-424, 2000.

JUSTINIANO, M.J.; FREDERICKSEN, T.S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v.32, n.2, p.276-281, 2000.

KE, G.; WERGER, M. J. A. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size. **Acta Oecologica**, v.20, n.6, p.579-586, 1999.

KINGWOOD. WoodZone.com. Disponível em: [http://www.wood-worker.com/ woods/kingwood.htm](http://www.wood-worker.com/woods/kingwood.htm). Acesso em: 10/11/2005.

KITAJIMA, K.; FENNER, M. Ecology of seedling regeneration. Pp. 331-359. In: FENNER, M (ed.). **Seeds - the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 416p, 2000.

KHURANA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v. 28, n.1, p.39-52, 2001.

PERRY, J.N. Measures of spatial pattern for counts. **Ecology**, v.79, p. 1008-1017, 1998.

POORTER, L.; BONGERS, F.; STERCK, F.J.; WOLL, H. Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 256-267, 2005.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v.18, n.2, p. 351-358, 2004.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n.1, p. 1-11, 2006

SACK, L.; GRUBB, P.J. The combined impacts of deep shade and drought on the growth and biomass allocation of shade-tolerant woody seedlings. **Oecologia**, v.131, p. 175-185, 2002.

WILCOX, B.; MURPHY, D.D. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. **American Naturalist**, v. 125, p. 879-887, 1985.

WILLSON, M.F.; TRAVESET, A. The ecology of seed dispersal. Pp. 85-110. In: FENNER, M (ed.). **Seeds - the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 416p, 2000.

YANG, Qi-He; WEI, Xiao.; ZENG, Xian-Lu; YE, Wan-Hui; YIN, Xiao-Juan; ZHANG-MING, Wang; JIANG, Yun-Sheng. Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. **Forest Ecology and Management**, 255, p.113-118, 2008.

YANG, Y., LIU, Q., HAN, C., QIAO, Y. Z., YAO, X. Q., YIN, H. J. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. **Photosynthetica**, v. 45, n. 4, p. 613-619, 2007.



## Capítulo 2

**NOGUEIRA, F.C.B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. Acta Botanica Brasilica, v.24, n.4, 978-985, 2010.**

## **CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DA GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE FRUTOS, SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Dalbergia cearensis* Ducke (PAU-VIOLETA) – FABACEAE**

### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo descrever e ilustrar as características morfológicas de frutos, sementes, fases iniciais da germinação e plântulas de *Dalbergia cearensis* aos 28 dias após sementeira. O fruto, sustentado por estipe de 3 a 5 mm, é seco, indeiscente, do tipo sâmara, oblongo, de ápice e base agudos, monospérmico, plano, com núcleo seminífero central, pericarpo tênue, aliforme, levemente reticulado. A Semente é exalbuminosa, oblonga, achatada, reniforme, com testa lisa, opaca, apresentando, quando madura, coloração acastanhada de tonalidade clara. A germinação é do tipo epígea com o tegumento aderido aos cotilédones na fase inicial do crescimento da plântula e tem início a partir do terceiro dia após a sementeira, em condições de laboratório. Verificou-se um percentual médio de germinação de 70%, aos 14 dias. Aos 28 dias de sementeira a plântula apresenta sistema radicular axial, raiz principal pivotante longa com 231,54 mm de comprimento, cilíndrica, flexível, branco-amarelada. As plântulas são classificadas no tipo morfofuncional faneroepígeo-armazenador (PER).

**Palavras-chave:** Biometria, crescimento inicial, jacarandá-violeta, espécie nativa, sementes florestais

## 2.1 Introdução

Atualmente, há um crescente interesse na caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de espécies nativas (AMORIM *et al.*, 2006; RAMOS; FERRAZ, 2008; PAIVA SOBRINHO; SIQUEIRA, 2008; PAOLI; BIANCONI, 2008; COSMO *et al.*, 2009). Os estudos morfológicos fornecem informações para a identificação botânica das espécies, auxiliam na interpretação dos testes de germinação em laboratório, orientam quanto ao armazenamento de sementes e métodos de cultivo, além de facilitarem o reconhecimento das espécies em banco de sementes no solo (DONADIO; DEMATTÊ, 2000).

Na natureza, há uma expressiva variedade na forma e tamanho de frutos (PAOLI; BIANCONI, 2008). A descrição dos frutos, dentro de um contexto ecológico, representa um novo caminho para compreender a biologia da reprodução (LIMA, 1990). Além disso, características morfológicas de semente e fruto constituem critério bastante seguro para a identificação das plantas ao nível de espécie (RAMOS; FERRAZ, 2008). A descrição morfológica de plântulas auxilia estudos ligados à germinação e suas ilustrações fornecem subsídios para padronizar testes de germinação em laboratório (SILVA *et al.*, 1995).

Além dos atributos morfológicos das sementes, frutos e plântulas, características dos cotilédones como tamanho, função e posição no desenvolvimento inicial de plântulas podem ser decisivos na captura de recursos ambientais, os quais podem contribuir para diminuição da mortalidade e aumentar o *fitness* (IBARRA-MANRÍQUEZ *et al.*, 2001). Este conjunto de características, que representa a morfologia inicial da germinação, recebeu atenção especial no sentido de compreender o significado ecológico da história de vida das plantas (DUKE, 1965; DUKE; POLHILL, 1981; GARWOOD, 1983; MIQUEL, 1987; GARWOOD, 1996).

Esta pesquisa foi realizada com *Dalbergia cearensis* Ducke, da família Fabaceae, espécie característica da caatinga do Nordeste brasileiro, conhecida pelos nomes vulgares Brazilian kingwood, jacarandá-violeta, miolo-de-negro, pau-violeta e violeta (CARVALHO, 1997). Apresenta grande potencial econômico devido ao uso de sua madeira para diversos fins e destina-se a usos especiais, como fabricação de móveis, objetos de adorno, caixas e estojos entalhados, cabos de faca e objetos de decoração (RIZINNI, 1978).

Para compreender e ilustrar os aspectos morfológicos dos frutos, sementes e plântulas até 28 dias após semeadura, bem como caracterizar o processo de germinação de *Dalbergia cearensis*, pretende-se responder as seguintes questões: os frutos e sementes de pau

violeta apresentam variabilidade com relação às características biométricas e morfológicas? Qual a característica germinativa de suas sementes e qual é a característica de suas plântulas?

## **2.2 Material e métodos**

### ***2.2.1 Local de coleta e armazenamento***

Frutos maduros de *Dalbergia cearensis* foram coletados manualmente no mês de agosto de 2009, de cinco árvores matrizes selecionadas ao acaso, localizadas em área de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, situada na fazenda Não Me Deixes município de Quixadá, Ceará. A propriedade de 929 ha, teve em 1998, 300 ha reconhecidos como Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (4°49'34" S, 38°58'9" W e 210 m de altitude) pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. A flora da propriedade foi descrita por Costa *et al.* (2007). O clima do município de Quixadá é classificado como Tropical Quente Semiárido, com pluviosidade média anual de 838,1 mm, concentrada nos meses de fevereiro a abril, e temperatura média de 26° a 28°C (IPECE, 2005).

Ainda na fazenda, os frutos foram colocados para secar a pleno sol. Após a secagem, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno e conduzidos ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará – UFC. No Laboratório, com ajuda de estilete, se fez a extração das sementes manualmente. As sementes foram armazenadas em geladeira com temperatura média de 8°C, por aproximadamente cinco meses, até o início dos tratamentos.

### ***2.2.2 Biometria e descrição morfológica dos frutos e sementes***

Para as determinações biométricas, após mistura e homogeneização, foram utilizados 100 frutos e 200 sementes, escolhidos ao acaso, para medição individual. Frutos e sementes foram pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g, mensurados quanto ao

comprimento, largura e espessura utilizando-se um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. O comprimento foi medido da base até o ápice e a largura e espessura medidas na linha mediana dos frutos e sementes. Os dados das características quantitativas foram submetidos à análise descritiva, onde se calculou com ajuda do aplicativo Excel, média aritmética, desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança. A determinação do número de sementes por quilograma e peso de 1.000 sementes foi realizada segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Nos frutos foram considerados os seguintes aspectos para a descrição: peso, tipo, cor, dimensões, textura e consistência do pericarpo e número de sementes por fruto. Nas sementes as características morfológicas externas observadas e descritas foram: cor, dimensões, textura e consistência dos tegumentos, forma, bordo, posição do hilo, da micrópila e rafe. As características internas consideradas foram: embrião (cotilédones, eixo hipocótilo-radícula, plúmula) e presença de endosperma. As sementes foram hidratadas para facilitar o estudo da morfologia interna.

Os métodos e termos empregados para descrever os aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de *D. cearensis* basearam-se nos trabalhos de Lima (1990), Beltrati (1994), Garwood (1996), Barroso *et al.* (1999) e Vidal e Vidal (2003). Quanto ao modo de dispersão, o fruto foi classificado por sua morfologia conforme Van der Pijl (1972) e Barroso *et al.* (1999).

### ***2.2.3 Teste de germinação***

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 20%, por 20 minutos, e posteriormente lavadas em água corrente por 10 minutos, segundo método proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com modificação. Optou-se por adotar maior concentração de hipoclorito de sódio com menor tempo de exposição por se tratar de semente de espécie nativa com grande susceptibilidade ao ataque de fungos, como constatado em ensaio preliminar. O teste de germinação foi conduzido com 100 sementes em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes. Estas foram colocadas para germinar em duas folhas de papel de filtro germitest, dispostas em placas de Petri de 14 cm de diâmetro, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Quando necessário, as folhas eram reumedecidas. As placas de Petri foram

aconditionadas em câmaras de germinação reguladas à temperatura de 25 °C, com 12 horas de luz/12 de escuro. A avaliação da germinação foi diária, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram emissão de radícula com 5 mm.

Ao final do teste, que teve duração de 14 dias, foram determinados porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. Foram consideradas normais as plântulas que alcançaram o estágio em que todas as estruturas essenciais foram precisamente verificadas. Plântulas consideradas anormais apresentaram cotilédones escuros e sem o sistema radicular desenvolvido ou com raiz primária deteriorada. As sementes mortas foram aquelas que no final do teste apresentaram-se amolecidas, atacadas por microorganismos (fungos) e não apresentaram nenhum sinal de início de germinação.

#### ***2.2.4 Morfologia do processo de germinação até plântula***

A fim de acompanhar o desenvolvimento das plântulas, sementes foram semeadas em uma bandeja germinadora constituída por 67 células, com substrato de vermiculita. Considerou-se plântula, a fase compreendida entre a germinação da semente até a queda dos cotilédones. O crescimento das plântulas ocorreu em casa de vegetação coberta com sombrite (50% de luz) e irrigação intermitente. Foram feitas avaliações diárias no período de 27/01/2010 (data da semeadura) a 24/02/2010. Para as descrições morfológicas e ilustração dos caracteres, foram utilizadas as plântulas que se apresentavam mais vigorosas. Entendendo-se como vigorosas aquelas plântulas com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e proporcionais. Os elementos vegetativos descritos e ilustrados foram raízes principal e secundárias, colo, hipocótilo, cotilédones, epicótilo e protófilos. As ilustrações foram realizadas manualmente a olho nu.

Para as medidas de produção de massa fresca e seca foram selecionadas 30 plântulas com crescimento uniforme, 28 dias após a semeadura. As plântulas foram lavadas para ficarem livres da vermiculita, e efetuou-se a medida do diâmetro do colo, tamanho da raiz, parte aérea (hipocótilo + epicótilo), número de folhas e número de folíolos. As folhas, caule e raiz foram separados para medição do peso úmido e, após esta medição, foram depositados em sacos de papel e mantidos em estufa a 70 °C até o peso manter-se constante. Para obtenção dos pesos seco e úmido utilizou-se balança com precisão de 0,01 g. Os dados foram

submetidos à análise descritiva, onde com o uso do aplicativo Excel se calculou média aritmética e desvio padrão.

### ***2.2.5 Classificação de tipos de plântulas***

Os critérios pré-estabelecidos para caracterizar tipos de anormalidade nas plântulas seguiram as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Plântulas foram classificadas de acordo com a posição (comprimento do hipocótilo), exposição (cotilédones cobertos ou descobertos pelos envoltórios da semente) e função (cotilédones de reserva ou fotossintetizantes), segundo classificação proposta por Garwood (1996). Os termos epígea e hipógea se referem à posição dos cotilédones acima do nível do solo ou abaixo, respectivamente. Os termos fanerocotiledonar e criptocotiledonar se referem a exposição dos cotilédones livres ou encerrados no interior dos envoltórios da semente, respectivamente. Os cotilédones podem ser carnosos (função de reserva) ou foliáceos (fotossíntese). As plântulas foram classificadas de acordo com Garwood (1996), com base nas características dos cotilédones e comprimento do hipocótilo.

## **2.3 Resultados e discussão**

### ***2.3.1 Biometria do fruto e da semente***

Os frutos de *D. cearensis* apresentam desuniformidade quanto ao tamanho. O comprimento do fruto variou entre 30,61 a 47,57 mm, a largura entre 7,83 a 10,88mm e espessura entre 2,94 a 4,95mm. O peso dos frutos variou de 100 a 177 mg. No que se observam pela Tabela 1, são encontrados os valores médios referentes ao comprimento (38,62 mm), largura (9,79 mm), espessura (3,99 mm) e peso (144,59 mg) para os frutos de *D. cearensis*.

Tabela 1 – Média, desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança referentes às determinações biométricas (comprimento, largura e espessura) e peso em uma amostra de 100 frutos de *Dalbergia cearensis* Ducke.

Variável	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Coeficiente de variação	IC 95%
Comprimento (mm)	38,62	2,95	0,3	7,64	38,62 ± 0,57
Largura (mm)	9,79	0,55	0,06	5,65	9,79 ± 0,10
Espessura (mm)	3,99	0,38	0,04	9,5	3,99 ± 0,07
Peso dos frutos (mg)	144,59	15,01	1,5	10,38	144,59 ± 2,94
Número de sementes	1				

As freqüências dos comprimentos, largura, espessura e peso, podem ser observadas nas Figuras 1A-D, com as respectivas médias. De acordo com Rizzini (1978) o fruto dessa espécie apresenta medidas que variam entre 30 a 40 mm de comprimento e 15 a 20 mm de largura. Lima (1990) descreveu a sâmara de *Dalbergia* com 20 a 80 mm de comprimento e 10 a 25 mm de largura.

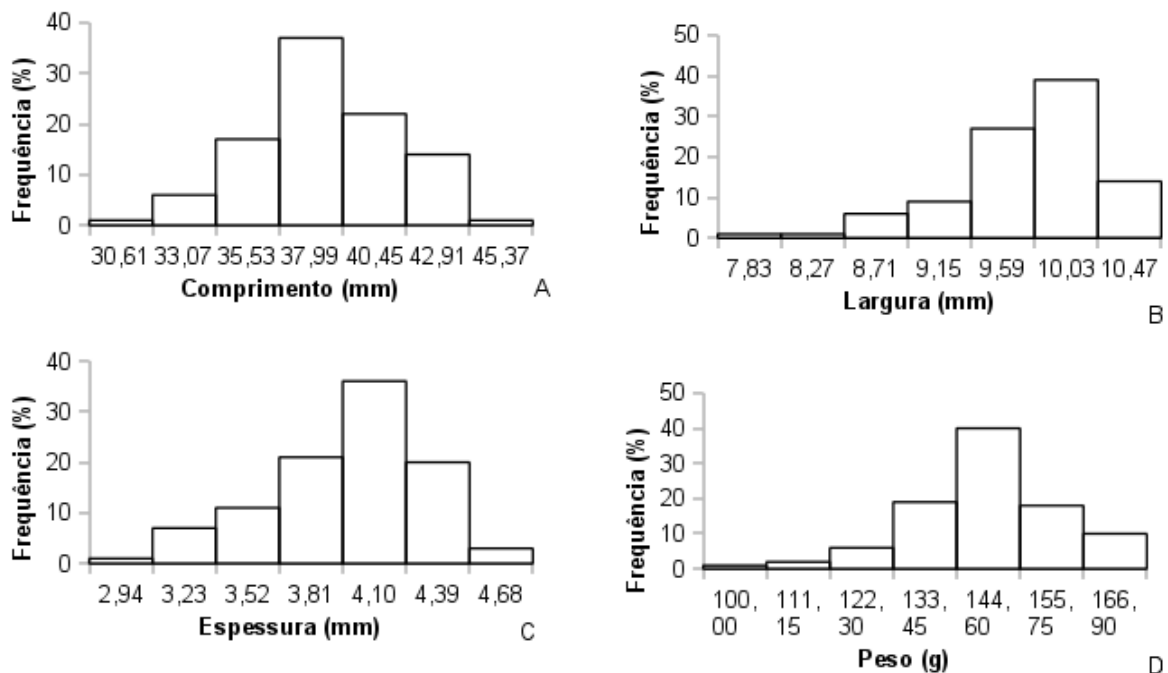


Figura 1 A-D - Frequências dos comprimentos, largura, espessura e peso de frutos de *Dalbergia cearensis*.



As diferenças em tamanho dos frutos de *D. cearensis* encontrada por Rizzini (1978) e descrita por Lima (1990) para a tribo Dalbergieae, e os observados neste estudo, podem estar relacionadas à diversidade genética própria da espécie na população. Condições de estresse hídrico ocasionado pela seca desencadeiam em espécies da caatinga alterações funcionais. Dentre as quais, modificações anatomo-morfológicas que incluem aprofundamento do sistema radicular, diminuição no tamanho da folha, expansão caulinar e perda de folhas (TROVÃO *et al.*, 2007). Assim, acredita-se que a modificação em tamanho de frutos esteja não apenas relacionado ao patrimônio genético, mas as condições determinadas pelo meio ambiente.

Assim como observado nos frutos, as sementes mostraram diferença no tamanho apresentando variação no comprimento (5,67 a 11,81 mm), largura (3,98 a 5,73 mm) e espessura (1,41 a 3,39 mm). O peso das sementes variou de 37 mg a 97 mg. Os valores médios atribuídos ao comprimento, largura, espessura e peso das sementes foram, respectivamente, 7,91 mm, 4,81 mm, 2,44 mm e 71,20 mg (Tabela 2).

Tabela 2 – Média, desvio padrão, erro padrão coeficiente de variação e intervalo de confiança referentes às determinações biométricas em uma amostra de 200 sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke.

Variável	Média	Desvio padrão	Erro padrão	C.V. (%)	IC (95%)
Comprimento (mm)	7,91	0,90	0,60	11,41	7,91 ± 0,12
Largura (mm)	4,81	0,32	0,02	6,70	4,81 ± 0,04
Espessura (mm)	2,44	0,35	0,03	14,51	2,44 ± 0,04
Peso (mg)	71,20	12,13	0,86	0,03	71,20 ± 1,68

As frequências dos comprimentos, largura, espessura e peso, podem ser observados nas Figuras 2A-D, com as respectivas médias. Estes valores estão afastados aos descritos por Lima (1990) para as sementes da tribo Dalbergieae, 14 a 20 mm de comprimento e 6 a 11 mm de largura. O peso de 1.000 sementes foi de 58,50 g, com 10,70% de umidade, o que permite inferir que em um quilograma de sementes de *D. cearensis* pode conter 17.094 sementes.

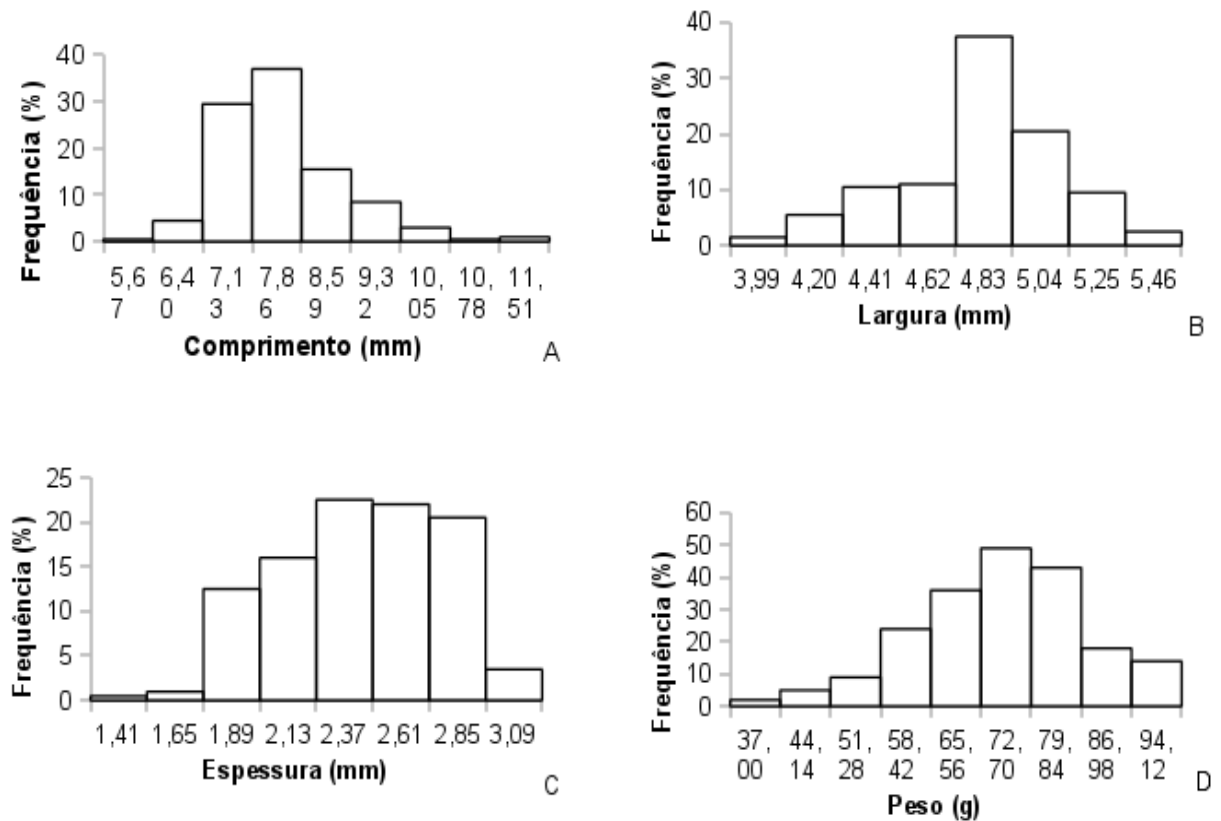


Figura 2 A-D - Frequências dos comprimentos, largura, espessura e peso de sementes de *Dalbergia cearensis*.

Há uma tendência no sentido de assumir que sementes são estáveis em proporção de massa, comparadas a outros órgãos menos plásticos da planta (CLAVIJO, 2002). Não obstante, variação na massa de sementes ocorre em muitas espécies de plantas e, com frequência, na própria planta (VAUGHTON; RAMSEY, 1998). Sendo que essas variações de tamanho de sementes existentes na própria planta, não são provocadas por diferenças genéticas, mas são decorrentes dos efeitos do meio ambiente durante o seu desenvolvimento (LEISHMAN *et al.*, 2000). No entanto, as plantas deveriam abastecer todas as sementes por igual e alterar o número de sementes ao invés da massa, quando os níveis de recursos variam. A massa de semente ideal é aquela que maximiza o retorno por investimento de unidade. Sementes abaixo do tamanho ótimo terão baixo *fitness*, enquanto aquelas maiores que o ótimo desperdiçam recursos que poderiam ser usados para abastecer mais descendentes (VAUGHTON; RAMSEY, 1998).

Na maioria dos habitats, o tamanho de sementes varia de dez ordens de magnitude, embora dentro da mesma espécie esse tamanho represente menos da metade dessa variação

(LEISHMAN *et al.*, 2000). Espécies com grandes sementes apresentam maior persistência e estabelecimento sobre ampla faixa de condições ambientais, enquanto espécies com sementes de tamanho pequeno são mais dependentes de perturbação (BURKE; GRIME, 1996). Grandes sementes aumentam a sobrevivência de plântulas, porém, para essa relação ser compreendida se faz necessário entender como as reservas da semente são utilizadas durante a germinação e estabelecimento inicial da plântula (KITAJIMA; FENNER, 2000).

O peso da semente representa uma forte influência no estabelecimento da planta, com sementes mais pesadas exibindo, frequentemente, maior comprimento inicial de plântulas e melhor sobrevivência sob pouca luz (PARKER *et al.*, 2006). Por outro lado, para Harper *et al.*(1970) sementes pequenas têm maior facilidade em obter água para germinação do que sementes grandes, devido à maior razão superfície/volume. Sementes de *D. cearensis* por serem pequenas apresentam uma característica vantajosa para as condições semiáridas do Nordeste brasileiro, uma vez que a disponibilidade de água está reduzida a uma curta estação chuvosa.

### 2.3.2 Morfologia do fruto e modo de dispersão

Conforme se observa na Figura 3, o fruto tipo sâmara de *D. cearensis* é oblongo, apresenta pericarpo tênue de aspecto aliforme, seco, plano com exceção no centro devido a presença da semente, monospermo, indeiscente, levemente reticulado, com base e ápice agudos, sustentado por estipe de 3 a 5 mm.



Figura 3 – Frutos tipo sâmara de *D. cearensis* Ducke.

Externamente, o pericarpo, quando imaturo, é verde claro e, quando maduro acastanhado de tonalidade clara a escura. O fruto originário de ovário monocarpelar apresenta expansão em formato de asa ao redor da semente, com capacidade para planar pelo menos a curta distância. De acordo com Van der Pijl (1972) sâmaras de espécies de *Dalbergia* apresentam asa circular ao redor da vagem. Para Barroso *et al.* (1999) a morfologia do fruto alado tipo sâmara está relacionada como uma adaptação à dispersão anemocórica.

Lima (1990) descreve duas variações de sâmaras na tribo Dalbergieae: a primeira com núcleo seminífero indistinto da ala apresenta uma delimitação entre a ala e o local onde se insere a semente, a qual está sempre localizada na região central do pericarpo (legume samaróide, *sensu* Barroso *et al.*, 1999); e a segunda com núcleo seminífero distinto da ala, que, neste caso, pode ter uma posição apical, basal, circular ou nas laterais do fruto (sâmara, *sensu* Barroso *et al.*, 1999). Segundo Queiroz (2009), os frutos alados ou sâmaras que ocorrem no gênero *Dalbergia* apresentam núcleo seminífero central e ala marginal.

A característica estrutural do fruto de *D. cearensis*, mostrou-se semelhante à descrita por Carvalho (2004) para *Dalbergia brasiliensis* Vogel, com sâmara monosperma, membranácea e oblonga. O fruto do jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex. Benth) foi descrito por Braz *et al.* (2009) como um legume samaróide, indeiscente, seco, com coloração marrom escura, superfície rugosa e brilhante, oblongo, com 1 a 2 sementes por fruto, a maioria monospermicos. Barroso *et al.* (1999) afirmaram que as sâmaras são encontradas principalmente entre os componentes da tribo Dalbergieae e que sua descrição morfológica se sobrepõe às características florais em importância na descrição dessa tribo. Griz e Machado (2001) descreveram o comportamento de espécies da caatinga com relação ao modo de dispersão durante as estações seca e chuvosa. Relataram que as espécies anemocóricas são facilmente disseminadas pelo vento devido à estrutura dos diásporos em forma de asas que favorece sua queda em diagonal, aumentando a distância de dispersão da planta-mãe.

O fruto tipo sâmara da *D. cearensis* possui características de dispersão anemocórica e este fato pode facilitar uma dispersão a longas distâncias da planta-mãe. Isto pode ser vantajoso para a espécie em estudo, pois, pode permitir que as unidades dispersas a longa distância não sejam alvo de patógenos e predadores resultando em maiores chances de sobrevivência para as plântulas. A dispersão a longa distância permite os diásporos escaparem da alta mortalidade próxima a planta-mãe, onde predação, abundância de patógenos e competição intraespecífica são altas (JANZEN, 1970).

### 2.3.3 Descrição morfológica da semente

A semente de *D. cearensis* é exalbuminosa, oblonga, achatada, reniforme, com testa lisa, quando madura apresenta coloração acastanhada de tonalidade clara a escura, sem brilho. Hilo e micrópila não são visíveis a olho nu, localizados na região basal. Micrópila inconspícua, calaza pouco distinta e rafe ventral. Embrião curto e curvo, de coloração amarela clara e evidente entre os cotilédones, na parte interna. Plúmula pluripartida. Cotilédones crassos, elipsóides, opostos, sésseis, de coloração amarela leitosa, encontrando-se dispostos paralelamente ao eixo hipocótilo-radícula. Apresenta heterogeneidade de forma e tamanho (Figura 4), discordando de Nakamura e Oliveira (2005), que afirmaram que as sementes da tribo Dalbergieae são muito homogêneas, como em geral ocorre em frutos indeiscentes, motivo de não fornecerem subsídios importantes à sistemática do grupo. Porém, em *Dalbergia nigra*, as sementes planas, com hilo bem demarcado, com micrópila pequena e rafe situada na parte ventral (BRAZ *et al.*, 2009), podem ser utilizadas na distinção desta espécie e de *D. cearensis*.



Figura 4 - Aspectos morfológicos da semente de *D. cearensis* Ducke.

Variações na forma, cor e tamanho de sementes foram documentadas para algumas espécies da caatinga (BARBOSA, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2007). Todavia, para Araújo *et al.*, (2007), a pouca informação sobre estudos descritivos acerca das variações morfológicas das sementes da caatinga, impossibilita uma discussão mais ampla sobre a importância destas variações para o sucesso da germinação das sementes e do estabelecimento das plântulas.

### 2.3.4 Aspectos da germinação

A germinação da semente de *D. cearensis* é do tipo epígea com o tegumento aderido aos cotilédones na fase inicial do crescimento da plântula, forma mais comum de germinação encontrada na maioria das leguminosas, conforme Duke e Polhill (1981). Tem início a partir do terceiro dia após a semeadura. A radícula rompe o tegumento na base apresentando-se curta, glabra, de cor branca e ápice pontiagudo. A raiz primária apresenta rápido desenvolvimento, inicialmente grossa, passando a fina com dilatação na base; cilíndrica, tenra, esbranquiçada e com coifa amarelada. O hipocótilo é inicialmente curvado até tornar-se reto (a partir do oitavo dia de semeadura), longo, cilíndrico, tenro, glabro, de coloração verde clara. As primeiras raízes secundárias nascem imediatamente abaixo do colo, que é bem evidenciado pelo maior diâmetro do hipocótilo. Cotilédones de reserva persistem por 27 a 29 dias na plântula, elípticos, verdes, opostos, sésseis, de consistência carnosa. Epicótilo tenro, cilíndrico, verde, glabro e em seu ápice acha-se a plúmula no início de seu desenvolvimento (Figura 5).

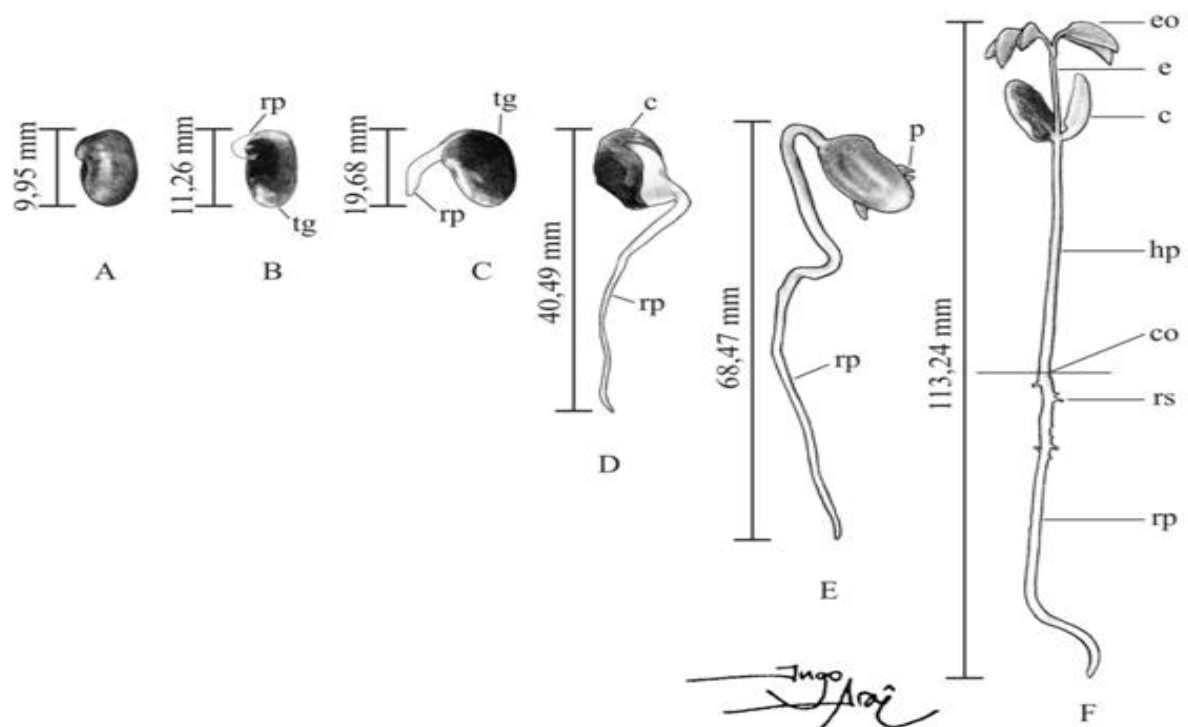


Figura 5 – Aspectos morfológicos da germinação fanerocotiledonar-epígea-armazenadora (PER) de *Dalbergia cearensis* Ducke : A – semente embebida e início da ruptura do tegumento (03 dias); B – plântula com 04 dias , tg – tegumento, rp – raiz primária; C – plântula com 05 dias; D – plântula com 06 dias, e – cotilédones; E – plântulas com 07 dias, p – protófilo; F – plântula com 10 dias, rp – raiz primária, rs – raiz secundária, co – colo, hp – hipocótilo, c – cotilédones, e – epicótilo, eo – eófilos.

Na Tabela 3 são apresentados a análise descritiva dos dados correspondentes a porcentagem de germinação (%G), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG), sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais.

Tabela 3 – Porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais de *Dalbergia cearensis* aos 14 dias após a germinação.

Parâmetros	%G	IVG	TMG	Sementes Mortas	Plântulas Normais	Plântulas Anormais
Média	70	2,37	6,86	7	16	2
Desvio Padrão	7,66	0,26	0,51	2,58	1,50	1,26
Coeficiente de variação	10,84	9,40	7,43	36,89	9,52	55,92
Erro padrão da média	3,83	0,13	0,25	1,29	0,75	0,63

Verificou-se um percentual médio de germinação de 70%, aos 14 dias. O processo germinativo foi relativamente rápido, iniciando-se após três dias de semeadura. Resultado semelhante foi obtido por Braz *et al.*, (2009), para sementes de *Dalbergia nigra*, que germinaram aos três dias, contudo atingiram os 15 dias com 80% de germinação. Carvalho (2004) observou para *Dalbergia brasiliensis* um poder germinativo variável, de 13% a 86%, com início entre 11 a 60 dias após a semeadura.

Espera-se que a germinação rápida seja vantajosa para espécies vegetais que precisam se estabelecer aproveitando as condições ambientais favoráveis, que na região de caatinga do Nordeste brasileiro, pode ser a ocorrência das primeiras chuvas. Barbosa (2008) reuniu dados sobre a biologia da reprodução e do crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. Esta autora achou vantajoso o fato das espécies analisadas apresentarem maior percentual de germinação dentro do menor intervalo de tempo, pois permite que as sementes ou unidades de dispersão escapem dos predadores e ofereçam maiores chances de sobrevivência para as plantas.

### 2.3.5 Morfologia da plântula

Aos 28 dias de semeadura a plântula apresenta sistema radicular axial, raiz principal pivotante longa, com 231,54 mm de comprimento, cilíndrica, flexível, branco-amarelada. O colo é bem definido pela diferença de cor entre o hipocótilo e a raiz, pela redução de diâmetro do hipocótilo e pela dilatação apresentada nesta região. Raízes secundárias finas, curtas, cilíndricas, da mesma cor da raiz primária. Posteriormente, a raiz primária passa à sublenhosa, de coloração marrom. Hipocótilo longo, com 33,34 mm de comprimento e 0,91 mm de diâmetro, cilíndrico, verde, glabro, ereto. Cotilédones verdes, carnosos, espessos, opostos, sésseis, com 10,12-11,77 mm de comprimento e 4,26-5,23 mm de largura. Com 27 a 29 dias da semeadura, os cotilédones perdem a cor verde, tornam-se amarelos e caem. Protófilos compostos, imparipinados, com três folíolos, pecíolos de 9,12 mm de comprimento, folíolo com 19,94 mm de comprimento e 14,54 mm de largura, verdes em ambas as faces, opostos, ovóides, às vezes elípticos, bordo inteiro; nervura peninérvea, com nervura principal bem evidente, impressa em ambas as faces e nervuras secundárias pouco evidentes. Epicótilo alongado com 34,71 mm de comprimento e 0,71 mm de diâmetro. A gema apical surge antes da completa expansão dos protófilos (Figura 6).

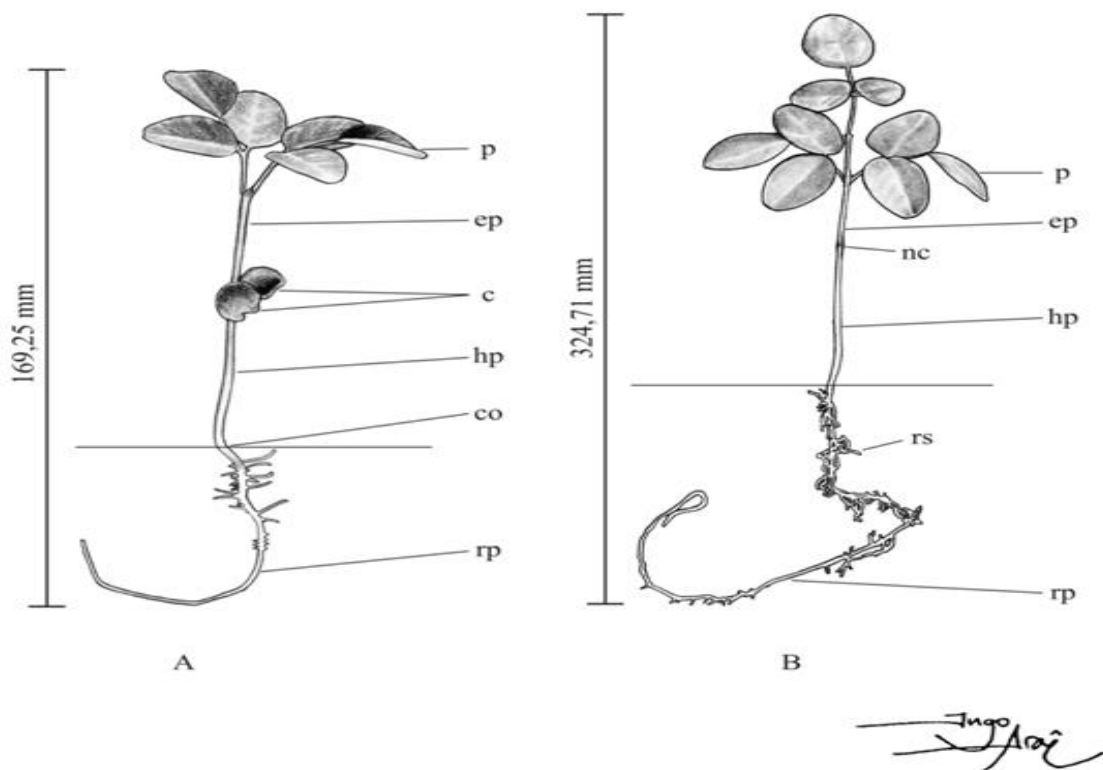


Figura 6 – Aspectos morfológicos da plântula de *D. cearensis* Ducke aos 13 dias após a semeadura (A) e planta juvenil aos 31 dias, sem cotilédones (B). (rp – raiz primária, co – colo, hp – hipocótilo, c – cotilédones, ep – epicótilo, p – protófilos, nc – nó cotiledonar).



O crescimento das plântulas ao atingir os 28 dias de idade mostrou um comprimento médio de 108,47 mm para raiz, contrapondo-se ao comprimento médio de 68,07 mm da parte aérea formado por caule e folhas. Isto representa um investimento de 1,84 mm de raiz para cada 1 mm de parte aérea (Tabela 4). Por outro lado, ocorreu o inverso quando se analisou o peso seco acumulado na raiz e na parte aérea. A razão raiz/parte aérea foi igual a 0,20. Este valor mostra que para cada grama de investimento em raiz, a plântula investe cinco gramas de massa seca na parte aérea (Tabela 5).

Tabela 4 – Comprimento da raiz, parte aérea e razão comprimento da raiz/comprimento da parte aérea de *D. cearensis*, aos 28 dias de idade.

Raiz (mm)		Parte aérea (caule+folhas) (mm)		Raiz/parte aérea (mm)
Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média
108,47	59,09	68,07	11,86	1,84

Tabela 5 – Peso seco (g) da raiz, parte aérea e razão peso seco da raiz/peso seco da parte aérea de *Dalbergia cearensis* Ducke, aos 28 dias de idade.

Raiz (g)		Parte aérea (caule+folhas) (g)		Raiz/parte aérea (g)
Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média
0,01	0,01	0,05	0,01	0,20

Elevada razão raiz/parte aérea é uma característica relacionada às plantas sujeitas a estresse, em ambientes com acentuada estacionalidade climática (RAMOS *et al.*, 2004). Estes autores mostraram que *Amburana cearensis*, espécie típica de floresta estacional, se desenvolve melhor, em termos de acúmulo de massa seca e em variáveis alométricas, nas condições de pleno sol e até 50% de sombreamento. Contudo, fizeram uma avaliação ao longo de 16 meses, sendo prematuro prever este comportamento para *D. cearensis*, através de dados obtidos no período de 28 dias.

A morfologia de outras plântulas em Fabaceae como *Dalbergia nigra*, *Hymenaea stigonocarpa* Mart.ex Hayne, *Dalbergia miscolobium* Benth, *Machaerium aculeatum* Raddi, *Machaerium acutifolium* Mart. Ex Benth também é epígea fanerocotiledonar (DONADIO; DEMATTÊ, 2000; BOTELHO *et al.*, 2000; RESSEL *et al.*, 2004 ) característica semelhante à encontrada em *D. cearensis*.

Plântulas de *D. cearensis* são classificadas como epígeas, por erguerem seus cotilédones acima do nível do solo, e fanerocotiledonares, por possuírem cotilédones

carnosos, espessos que funcionam como órgãos de reserva. Efetivamente, os frutos e as sementes de *D. cearensis* apresentam variabilidade nas suas características biométricas. As sementes apresentam variação na forma mais acentuada do que os frutos, que são mais homogêneos. O processo germinativo é relativamente rápido, desuniforme, iniciando-se após três dias de semeadura. A germinação é fanerocotiledonar-epígea-armazenadora (PER).

## **2.4 Agradecimentos**

Os autores agradecem à Ingo Arerê Lima Barbosa pelas ilustrações. A Cássia Dias Pascoal do curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará pelo apoio às análises realizadas no Laboratório de Sementes da UFC. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

## Referências

- AMORIM, I. L.; FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; CHAVES, M. M. F. Aspectos morfológicos de plântulas e mudas de trema. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n.1, p. 86-91, 2006.
- ARAÚJO, G. M.; ARAÚJO, E. L.; SILVA, K, A.; RAMOS, E. M. N. F.; LEITE, F. V. A.; PIMENTEL, R. M. M. Resposta germinativa de plantas leguminosas da caatinga. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, 2007.
- BARBOSA, D.C.A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. Pp. 625-656. In: Leal, I.R, Tabarelli, M. & Silva, J.M.C (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife, Editora Universitária (UFPE), 2008.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Editora UFV, 1999.
- BELTRATI, C.M. Morfologia e anatomia de sementes. Rio Claro, Departamento de Botânica da UNESP. **Apostila do curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**, 1994.
- BOTELHO, S.A.; FERREIRA, R.A.; MALAVASI, M.M.; DAVIDE, A.C. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.ex Hayne) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.144-152, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRAZ, M.S.S.; SOUZA, V.C.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; OLIVEIRA, L.S.B.; SILVA, J.M. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex. Benth) Leguminosae-Papilionoideae. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p. 67-71, 2009.
- BURKE, M.J.W.; GRIME, J.P. An experimental study of plant community invisibility. **Ecology**, v.77, p.776-790, 1996.
- CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v.49, n.1, p.87-109, 1997.

CARVALHO, P.E.R. Jacarandá – *Dalbergia brasiliensis*. **Circular Técnica nº 98**, Embrapa, 2004.

CLAVIJO, E.R. Role of Within-individual Variation in Capitulum Size and Achene Mass in the Adaptation of the Annual *Centaurea eriophora* to Varying Water Supply in a Mediterranean Environment. **Annals of Botany**, v.90, n.2, p. 279-286, 2002.

COSMO, N. L.; GOGOSZ, A. M.; NOGUEIRA, A. C.; BONA, C.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia do fruto, da semente e morfo-anatomia da plântula de *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke (Lamiaceae). **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, n. 2, p. 389-397, 2009.

COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.68, n.2, p. 237-247, 2007.

DONADIO, N. M. M.; DEMATÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n.1, p. 64-73, 2000.

DUKE, J. A. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.52, p. 314-350, 1965.

DUKE, J. A.; POLHILL, R. M. Seedlings of Leguminosae. In: POLHILL, R. M. and RAVEN, P. H. [eds.], **Advances in legume systematics**, 941-949. Royal Botanical Gardens, Kew, Richmond, Surrey, UK., 1981

GARWOOD, N. C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecological monographs**, v. 53, n. 2, p. 159-181, 1983.

GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SAINE, M. D (ed.), **The ecology of tropical forest tree seedlings**, p. 59-129. Man and the Biosphere series, v. 17. UNESCO, Paris and Parthenon, Paris, France, 1996.

GRIZ, L.M.S.; MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.17, p.303-321, 2001.

HARPER, J. L.; LOVEL, P. H. ; MOORE, K.G. The shapes and sizes of seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.1, p.327-356, 1970.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M.; OYAMA, K. Seedling functional types in a lowland rain Forest in Mexico. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 10, p. 1801-1812, 2001.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2005. **Perfil básico municipal: Quixadá**. Governo do Estado do Ceará, Secretaria de Planejamento e Coordenação, Fortaleza.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, v.104, p.501-528, 1970.

KITAJIMA, K.; FENNER, M. Ecology of seedling regeneration. Pp. 331-359. In: FENNER, M (ed.). **Seeds - the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 416p, 2000.

LEISHMAN, M. R.; WRIGHT, I. J.; MOLES, A. T.; WESTOBY, M. The evolutionary ecology of seed size. Pp. 31-58. In: FENNER, M. (ed.). **Seeds – the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International. 416p, 2000.

LIMA, H. C. Tribo Dalbergieae (Leguminosae-Papilionoideae) – morfologia dos frutos, sementes e plântulas e sua aplicação na sistemática. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 30, p. 1-42, 1990.

MIQUEL, S. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum National d' Histoire Naturelle**, 4e série, section B, Adansonia, v, 9, p. 101-121, 1987.

NAKAMURA, A. T.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfoanatomia e ontogênese da sâmara de *Pterocarpus violaceus* Vogel (Fabaceae: Faboideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 375-387, 2005.

PAIVA SOBRINHO, S.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. – Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.1, p.114-120, 2008.

PAOLI, A. A. S.; BIANCONI, A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p.146-155, 2008.

PARKER, W.C.; NOLAND, T.L.; MORNEAULT, A.E. The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern White pine (*Pinus strobus* L.). **New Forests**, v.32, n.1, p.33-49, 2006.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana:UEFS, 2009. 467p

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.2,p. 351-358, 2004.

RAMOS, M. B. P.; FERRAZ, I. D. K. Estudos morfológicos de frutos, sementes e plântulas de *Enterolobium schomburgkii* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 2, p. 227-235, 2008.

RESSEL, K.; GUILHERME, F.A.G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P.E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.2, p. 311-323, 2004.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil** – manual de dendrologia brasileira. 3ª. Reimpressão, 2ª. Edição. Porto Alegre: Editora Edgard Blucher Ltda, 1978.

SILVA, L. M. M.; MATOS, V. P.; PEREIRA, D. D.; LIMA, A. A. Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de *Luetzelburgia auriculata* Ducke (pau-serrote) e *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova-do-brejo) – Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, p. 154-159, 1995.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.307-311, 2007.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. New York: Springer Verlag, 1982.

VAUGHTON, G.; RAMSEY, M. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). **Journal of Ecology**, v.86, n.4, p.563-573, 1998.

VIDAL, W.N.;VIDAL, M.R.R. **Botânica-organografia:quadros sinópticos ilustrados de fanerógamos**.Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.



### Capítulo 3

**NOGUEIRA, F.C.B.; GALLÃO, M.I.; BEZERRA, A.M.E.; MEDEIROS FILHO, S.**  
**Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke,**  
**manuscrito submetido à Revista Ciência Florestal, em 16/09/2011 e encontra-se em fase**  
**de avaliação.**

### **CAPÍTULO 3: EFEITO DA TEMPERATURA E LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Dalbergia cearensis* Ducke**

#### **RESUMO**

O conhecimento do comportamento germinativo de uma espécie vegetal é de significativa importância para a adoção de técnicas que visam sua propagação. O trabalho avaliou o processo germinativo de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na presença e ausência de luz, submetidas à temperaturas constantes de 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-45 °C, sob fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. As variáveis avaliadas foram a porcentagem, a velocidade e o tempo médio de germinação. As sementes germinaram na presença e na ausência de luz, com as maiores porcentagens de germinação alcançadas nas temperaturas de 25, 30 e 35°C. Desse modo, para desencadear o processo germinativo dessa espécie, não há necessidade da incidência ou ausência de luz, podendo-se caracterizar suas sementes como fotoblásticas neutras. A germinação foi nula no regime de temperatura alternada. A faixa ótima de temperatura entre 25 a 35°C aumenta a velocidade e reduz o tempo médio de germinação de sementes de *D. cearensis*, tanto para o escuro quanto para luz.

**Palavras-chave:** caatinga; ecofisiologia; fotoblastismo; sementes florestais.

### 3.1 Introdução

*Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae), popularmente denominada jacarandá-violeta, miolo-de-negro, pau-violeta, violeta, é uma espécie característica da caatinga que se distribui do Ceará ao sul do Piauí e sul da Bahia, além de talvez no norte de Minas Gerais, embora ainda não tenha sido registrada neste Estado (CARVALHO, 1997). Ocorre em maior frequência em caatinga arbórea densa, na base de colinas e no sertão, em regiões nas quais a existência de solos profundos e microclima favorável facilitam o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante (CARVALHO, 1997).

*Dalbergia cearensis* é uma árvore que pode chegar à altura de 5 a 8 metros, dotada de copa pequena e rala, com folhagem decídua, de tronco ereto e ramos tortuosos de 15-25 cm de diâmetro (LORENZI, 2009). Sua madeira é pesada e dura com densidade específica de 1,01 g/cm<sup>3</sup> (LORENZI, 2009), sendo muito explorada para confecção de móveis de luxo e artefatos em geral (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2009). Suas sementes não apresentam dormência e a germinação tem início a partir do terceiro dia após a sementeira, possuem alto percentual de germinação (70%), e suas plântulas são fanero-epígeo-armazenadoras (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

Ao estudar a manutenção da riqueza de espécies em campos com calcário da Grã Bretanha, Grubb (1977) definiu nicho de regeneração como uma expressão das tolerâncias e exigências por alta chance de sucesso na substituição de um indivíduo maduro por um novo indivíduo maduro da geração seguinte. A produção de sementes viáveis e a germinação fazem parte do nicho de regeneração de angiospermas e são os eventos que, no início do ciclo de vida de uma planta, garantem o sucesso de seu estabelecimento e crescimento futuros.

Dentro da fase inicial (semente e plântula), as exigências ambientais em combinação com alta taxa de mortalidade podem determinar onde, quando e sob que condições as plântulas de uma espécie são encontradas (POORTER *et al.*, 2005). Desta forma, se afirma que recrutamento, desenvolvimento e sobrevivência de plântulas são as fases mais desfavoráveis no ciclo de vida das plantas em diferentes ecossistemas (CHESSON *et al.*, 2004; LAMB; CAHILL, 2006; YANG *et al.*, 2008; CIPRIOTTI *et al.*, 2008). Nesse sentido, o modo como uma espécie vegetal responde aos fatores abióticos (temperatura e luz) irá aumentar a probabilidade que a germinação aconteça em um momento ótimo para o recrutamento (BASKIN; BASKIN, 1998).

A germinação da semente resulta da ação de uma seqüência de eventos bioquímicos e de fatores tais como temperatura, luz e água (BUCKERIDGE *et al.*, 2004; BORGHETTI; FERREIRA, 2004). Por influenciar a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo, a temperatura também influencia o número de sementes que germinarão, além da velocidade na qual o processo ocorre (FIGLIOLIA *et al.*, 1993; BEWLEY; BLACK, 1994). Todavia, a amplitude de temperatura na qual uma semente pode germinar é própria a cada espécie (BEWLEY; BLACK, 1994). Em geral, cada espécie possui um espectro de temperaturas em que a germinação é mais favorecida (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000) e isto implica em diferenças na regeneração das populações, ou seja, no estabelecimento e desenvolvimento das plantas em seus próprios habitats (VÁZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1982). Nesta perspectiva, há espécies nas quais a germinação das sementes é favorecida por temperatura constante (PACHECO *et al.*, 2010), por alternância de temperaturas, à semelhança do que acontece em condições naturais (ANDRADE *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2011) ou por faixas de temperaturas (GONZÁLEZ-RIVAS *et al.*, 2009).

De modo semelhante, respostas germinativas a diferentes magnitudes de intensidade luminosa também variam entre as espécies (KHURAMA; SINGH, 2001). Sementes que necessitam luminosidade para germinar são denominadas fotoblásticas positivas; aquelas que germinam melhor na ausência de luz são fotoblásticas negativas e quando não há interferência luminosa na germinação as sementes são fotoblásticas neutras (LABOURIAU, 1983; MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

O Nordeste semiárido brasileiro possui como característica marcante a irregularidade das chuvas, distribuídas desigualmente no tempo e espaço, com curta estação chuvosa e estação seca que pode atingir até sete meses do ano (BARBOSA; HUETE; BAETHGEN, 2006). O total anual de chuvas é por vezes inferior a 750 mm e em relação ao regime térmico, suas temperaturas são elevadas, com média anual variando entre 20 e 28°C (GONÇALVES; MONTE; CÂMARA, 1993). Desse modo, a maioria das espécies nativas arbóreas do nordeste semiárido aproveita a curta estação chuvosa para promover a germinação de suas sementes. Desse modo, semelhante ao que ocorre em outras florestas tropicais secas, a dinâmica da germinação de sementes ocorre no período de maior disponibilidade hídrica e de nutrientes, com menor irradiância e com a qualidade da luz ao nível do solo modificada (RINCÓN; HUANTE, 1993; GERHARDT, 1996).

A vegetação das caatingas se apresenta sempre associada à deficiência hídrica sazonal, o que resulta em um complexo de formações vegetais condicionado por fatores

climáticos (REIS, 1976). O conhecimento sobre a ecofisiologia da germinação e estabelecimento das plântulas das espécies da caatinga permitirá entender melhor como estas espécies vegetais conseguem se estabelecer e sobreviver neste tipo de ambiente sazonal. Apesar disto, há poucos estudos acerca do comportamento da maioria das espécies, face às condições ambientais a que estão continuamente submetidas nas fases iniciais de seus ciclos de vida.

Sabe-se que as sementes de *Dalbergia cearensis* têm germinação epígea e que, em regiões semiáridas, próximo e na superfície do solo, a temperatura é mais variável do que nas camadas mais profundas (GUTIERREZ *et al.*, 1988). Sabe-se, também, que *Dalbergia cearensis* floresce no início da estação chuvosa (dezembro-fevereiro) e seus frutos amadurecem em julho-agosto, no início do período seco (LORENZI, 2009) e suas sementes germinam na estação chuvosa subsequente, período de maior sombreamento decorrente do enfolhamento da vegetação de caatinga. Por conseguinte, a posição de suas sementes no solo pode mudar por enterrio ou por movimento na superfície do solo durante um distúrbio. Sabe-se que sementes podem estar presentes em diferentes profundidades do solo, sendo excluídas de luz; porém podem estar próximas à superfície do solo onde a irradiância varia bastante, e podem ainda, estar expostas às diferentes intensidades de luz dependendo da presença de serrapilheira e de folhas na copa de árvores (PONS, 2000). Portanto, espera-se que as sementes germinem em uma ampla faixa de temperatura decorrente das flutuações de temperatura que ocorrem próximo e sobre a superfície do solo. Por outro lado, se espera um aumento na velocidade e redução no tempo médio de germinação de suas sementes na ausência de luz. Sob esta perspectiva, realizou-se um experimento para tentar responder se as sementes de *Dalbergia cearensis* germinam bem em uma amplitude de temperatura e diferentes condições de luminosidade.

## **3.2 Material e métodos**

### ***3.2.1 Local de coleta e armazenamento***

Frutos maduros foram coletados manualmente no mês de agosto de 2009, de cinco árvores matrizes selecionadas ao acaso, distantes entre si de 4 a 30 metros, em área de

caatinga situada na unidade de conservação de uso sustentável Fazenda Não me Deixes, localizada no município de Quixadá, Ceará. A propriedade de 929 ha, teve em 1998, 300 ha reconhecidos como Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN ( 4°49'34" S, 38°58'9" W e 210 m de altitude) pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O clima do município de Quixadá é classificado como Tropical Quente Semiárido, com pluviosidade média anual de 838,1 mm, concentrada nos meses de fevereiro a abril, e temperatura média de 26° a 28°C (IPECE, 2011).

Os frutos foram colocados para secar a pleno sol. Após a secagem, foram acondicionados em sacos de polietileno e conduzidos ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará – UFC. No Laboratório, se fez a extração manual das sementes com ajuda de estilete. Até o início dos ensaios, as sementes permaneceram armazenadas em geladeira com temperatura média de 8°C, por aproximadamente nove meses.

### ***3.2.2 Preparo de exsiccatas***

Foram preparadas exsiccatas dos indivíduos utilizados para coleta e o material recebeu o número 44.789 e foi incorporado ao Herbário EAC (Prisco Bezerra), pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como documento taxonômico.

### ***3.2.3 Teste de germinação***

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2,5% de cloro ativo, por 15 minutos e posteriormente lavadas em água corrente, segundo método proposto nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os testes de germinação foram conduzidos com 1.400 sementes em um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial de 7 x 2 (temperaturas x regimes de luz), com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em duas folhas de papel de filtro germitest, dispostas em placas de Petri de 14 cm de diâmetro, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Quando necessário, as folhas foram reumedecidas.

As placas de Petri foram acondicionadas em germinadores regulados para os regimes de temperaturas constante e alternada. Em temperatura constante, as sementes foram expostas a valores que variaram de 20 a 45 °C, com intervalos de 5 °C. Em temperatura alternada, foi testada a amplitude térmica de 20 e 45 °C. Nos dois regimes de temperatura as sementes foram submetidas ao fotoperíodo de 12 horas e escuro contínuo. A luz foi fornecida por lâmpadas fluorescentes de 20 w (luz branca) localizadas no interior dos germinadores, e no caso das temperaturas alternadas o período luminoso correspondeu à temperatura mais elevada. Para os tratamentos referentes à ausência de luz, as contagens de germinação foram feitas em sala escura sob luz verde de segurança, conforme recomendam Felipe *et al.* (1983).

A avaliação da germinação foi diária, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram protrusão da raiz primária com 2 mm. Ao final do teste, que teve duração de 14 dias, foram determinados porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado pelo somatório do número de sementes com protrusão da raiz primária ( $G_1, G_2, G_3... G_n$ ) a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos ( $N_1, N_2, N_3 ... N_n$ ) entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962):  $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + G_3/N_3 + ... + G_n/N_n$ . O tempo médio de germinação foi calculado de acordo com a fórmula apresentada por Labouriau (1983):

$$t = \frac{\sum n_i \cdot t_i}{\sum n} \quad \text{dias, onde:}$$

t = tempo médio de germinação;

$n_i$  = número de sementes germinadas num intervalo de tempo;

n = número total de sementes germinadas;

$t_i$  = dias de germinação.

Foi realizada a análise de regressão polinomial para os valores quantitativos (BANZATTO; KRONKA, 2006). A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram analisadas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente. Como estas não foram comprovadas para os dados de porcentagem de germinação, os mesmos foram transformados em arco-seno  $\sqrt{x}/100$ . Os dados foram submetidos à ANOVA, seguidos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada mediante o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

### 3.3 Resultados e discussão

As sementes submetidas aos tratamentos com temperatura constante de 45 °C e temperatura alternada de 20-45 °C, com 12 horas de luz/12 de escuro, não germinaram. Por isso, essas temperaturas não foram computadas para efeito de análise. Provavelmente, para *Dalbergia cearensis* valores elevados de temperatura interferiram no metabolismo de suas sementes ao ponto de inviabilizarem a germinação. Altas temperaturas acarretam diminuição do suprimento de aminoácidos livres e da síntese de proteínas (SANTOS; SUGAHARA; TAKAKI, 2005), enquanto baixas temperaturas retardam as taxas metabólicas até o ponto em que as vias essenciais ao início da germinação não mais funcionem (HENDRICKS; TAYLORSON, 1976). Dentre as sementes de espécies que ocorrem nas várias regiões do Brasil, poucas são as que germinam em temperaturas acima de 40 °C. De acordo com Pinheiro e Borghetti (2003) sementes de duas bromélias de restinga, *Aechmea nudicaulis* e *Streptocalyx floridundus*, apresentaram temperatura máxima de germinação entre 45 e 50 °C. Algumas sementes de *Dalbergia retusa* foram capazes de germinar a 40 e 45 °C, como uma estratégia de adaptação a ambiente quente (GARCIA; DI STÉFANO, 2000). Em geral, as espécies tropicais suportam temperatura máxima para germinação em torno de 40 °C (BORGHETTI, 2005).

O resumo da análise de variância e os coeficientes de variação relativos às medidas de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação estão indicados na Tabela 6.



Tabela 6 - Quadrados médios e coeficientes de variação relativos a porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em *Dalbergia cearensis* Ducke submetida à germinação em diferentes temperaturas em condições de escuro e luz.

FV	GL	Quadrados médios		
		% Germinação	IVG	TMG
Temperatura	4	1234,71**	18,61**	8,37**
Luz	1	379,64**	10,95**	3,72**
Temperatura/luz	4	160,54*	0,80*	0,48**
<b>Temperatura - Escuro</b>	(4)	-	-	-
Regressão linear	1	50,82 ns	3,10**	3,78**
Regressão quadrática	1	1305,74**	17,96**	4,36**
Regressão cúbica	1	8,58 ns	5,05**	5,14**
Regressão do 4º grau	1	457,14**	0,02 ns	0,57**
<b>Temperatura - Luz</b>	(4)	-	-	-
Regressão linear	1	287,45*	1,81**	0,90**
Regressão quadrática	1	3417,81 **	36,67**	4,26**
Regressão cúbica	1	3,38 ns	10,67**	13,40**
Regressão do 4º grau	1	50,06 ns	2,34**	2,94**
Resíduo	30	44,86	0,22	0,05
CV	-	9,69	9,35	5,05

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Fe ns: não significativo.

A interação (temperatura x luz) foi significativa para as três variáveis dependentes analisadas. O desdobramento da temperatura dentro de luz e escuro revelou a existência de uma relação quadrática para germinação e uma relação cúbica para o índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. O desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura foi significativo para as temperaturas de 20 e 25 °C e não significativo para 30, 35 e 40 °C e encontra-se representado na Tabela 7.

Tabela 7 - Quadrados médios e coeficientes de variação relativos a porcentagem de germinação (% germinação), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura.

FV	GL	Quadrados médios		
		% Germinação	IVG	TMG
Luz/20°C	1	700,68**	4,38**	0,40*
Luz/25°C	1	231,12*	1,11*	0,12 ns
Luz/30°C	1	48,70 ns	0,09 ns	0,14 ns
Luz/35°C	1	11,95 ns	4,62**	4,14**
Luz/40°C	1	29,33 ns	4,03**	0,81**
Resíduo	30	44,86	0,22	0,05

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Fe ns: não significativo.

A porcentagem de germinação variou em função das diferentes temperaturas, no escuro e luz, segundo uma relação quadrática (Figura 7).

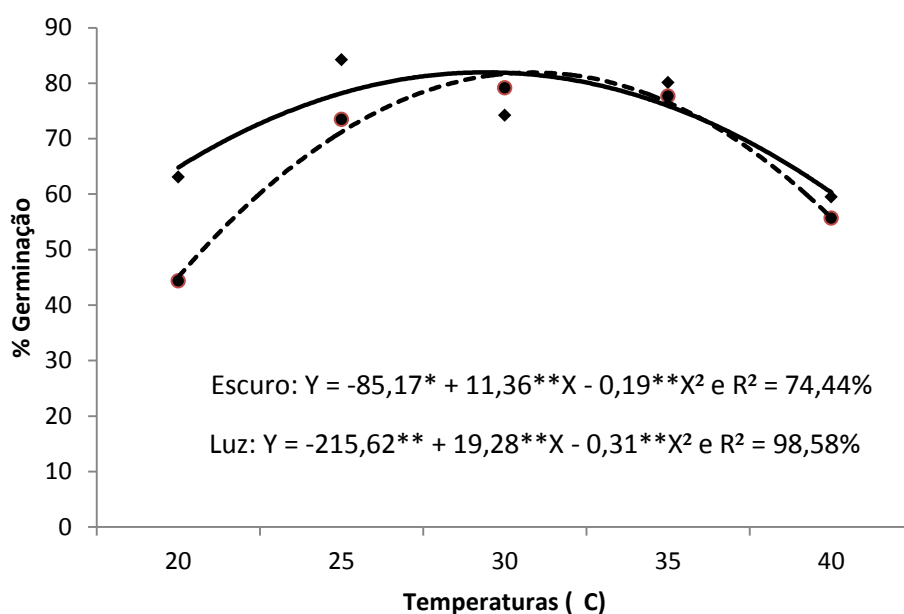


Figura7 - Porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

As cinco temperaturas analisadas influenciaram a germinação das sementes de *Dalbergia cearensis*, com as maiores médias alcançadas em 25, 30 e 35°C, tanto no claro quanto no escuro, e as menores em 20 e 40°C (Tabela 8 e Figura 8). Desse modo, tanto a incidência quanto a ausência da luminosidade é suficiente para desencadear o processo germinativo, em sementes desta espécie. Por isso, estas sementes podem ser caracterizadas

como fotoblásticas neutras, pois germinam tanto na presença como na ausência de luz (LABOURIAU, 1983).

Tabela 8 - Médias da porcentagem de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

Temperatura	Escuro	Luz
20 °C	79 aBC	49 bB
25 °C	98 aA	91 bA
30 °C	92 aAB	95 aA
35 °C	96 aA	94 aA
40 °C	74 aC	68 aB

CV% = 9,69; <sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = 13,74 ; <sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = 9,71

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz.

<sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura.

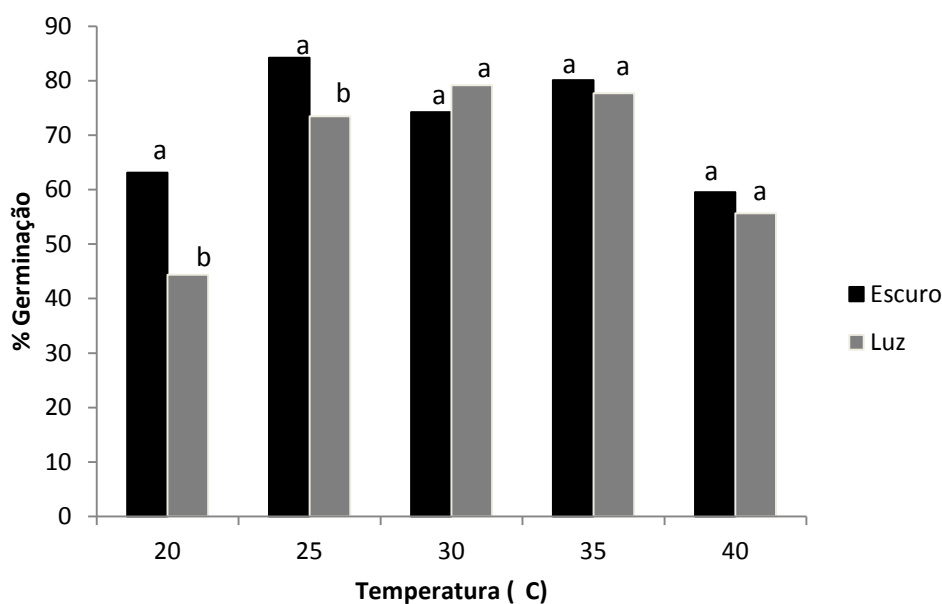


Figura8 - Médias da porcentagem de germinação (% germinação) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke na análise do desdobramento de luz dentro de cada nível de temperatura. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A temperatura de 25 °C promoveu a maior porcentagem de germinação no escuro (98%), enquanto sob fotoperíodo de 12 h, a maior porcentagem ocorreu na temperatura de 30 °C (95%), contudo não houve diferença estatística entre ambas. Sob luz, a temperatura de 20 °C apresentou a menor porcentagem de germinação (49%), porém não mostrou diferença significativa com a temperatura de 40 °C (68%). No escuro, a menor porcentagem de

germinação (74%) ocorreu à temperatura de 40 °C, mas não apresentou diferença significativa em relação à temperatura de 20 °C (79%).

Em ambientes onde a luz é abundante, como nas regiões semiáridas, é difícil imaginar que fotoblastismo pode ser um fator que determina a germinação de sementes, ao contrário do que ocorre com a abertura de clareira em ambientes tropicais heterogêneos onde o efeito da luz se faz presente sobre as sementes e as plantas precisam competir fortemente por luz, principalmente na fase de estabelecimento (ROJAS-ARÉCHIGA *et al.*, 1997). Possivelmente, não apenas em regiões áridas, mas também em regiões semiáridas isto ocorra, pois plantas de regiões áridas e semiáridas, normalmente, estão adaptadas a altos níveis de irradiação solar (JEFFERSON; PENNACCHIO, 2005).

O melhor modelo de ajuste dos dados de índice de velocidade de germinação foi o representado pela função cúbica (Figura 9). Na luz, o menor índice de velocidade de germinação foi de 2,03 (20°C) e o maior 6,66 (30°C), diferindo do escuro contínuo que apresentou menor valor (3,51) à temperatura de 20°C, porém, sem diferença com relação ao maior valor (6,73) à temperatura de 30°C (Tabela 9).

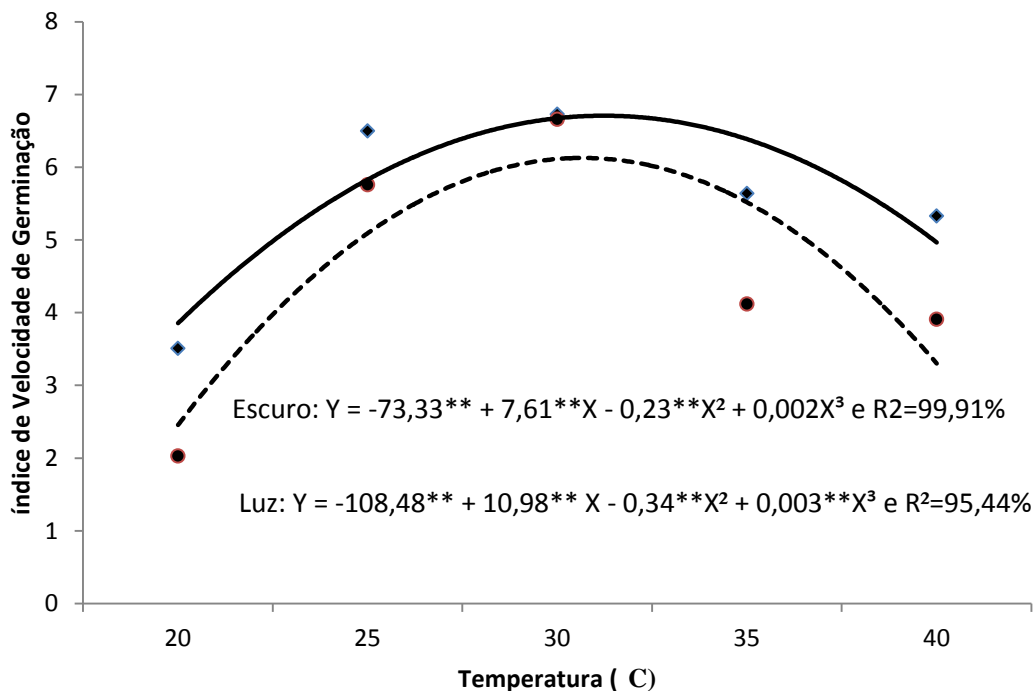


Figura9 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

Comparando-se a porcentagem de germinação (Tabela 8) com o índice de velocidade de germinação (Tabela 9), se verifica que os maiores percentuais de germinação ocorreram nos tratamentos no escuro, enquanto os menores ocorreram sob luz. Observa-se que o IVG

diminuiu na temperatura mais baixa (20 °C) e nas mais elevadas (35 e 40 °C). Nas temperaturas de 25 a 30 °C, o IVG não mostrou diferença estatística significativa para luz e escuro. Em *D. cearensis*, a velocidade de germinação parece ser mais influenciada pela temperatura do que pela condição de claro e escuro. Estes resultados são discordantes dos apresentados por Carvalho e Nakagawa (2000) ao relatarem que o maior índice de velocidade de germinação não implica em maior porcentagem de germinação ou maior número de sementes germinadas ao final do teste.

Tabela 9 - Médias do índice de velocidade de germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

Temperatura	Escuro	Luz
20 ° C	3,51 aD	2,03 bC
25 ° C	6,50 aAB	5,76 bA
30 ° C	6,73 aA	6,66 aA
35 ° C	5,64 aBC	4,12 bB
40 ° C	5,33 aC	3,91 bB

CV% = 9,35; <sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = 0,96 ; <sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = 0,67

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz.

<sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura.

Semelhante ao índice de velocidade de germinação, o melhor modelo de ajuste dos dados para o tempo médio de germinação foi a regressão cúbica (Figura 10). O menor tempo médio de germinação foi obtido para a temperatura de 30°C, tanto para o escuro quanto para luz (3,54 e 3,81, respectivamente). O maior tempo médio de germinação foi obtido para a temperatura de 20 °C, tanto para o escuro quanto para luz (5,86 e 6,31, respectivamente), Tabela 10.

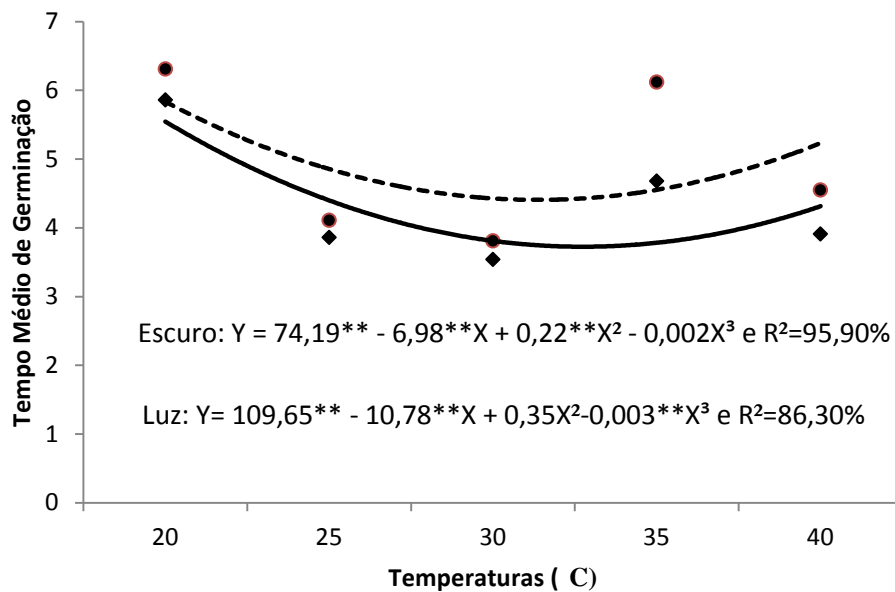


Figura 10 - Tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

Tabela 10 - Médias do tempo médio de germinação (em dias) de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke submetidas à germinação em cinco temperaturas em condição de escuro e luz.

Temperatura	Escuro	Luz
20 ° C	5,86 bA	6,31 aA
25 ° C	3,86 aC	4,11 aBC
30 ° C	3,54 aC	3,81 aC
35 ° C	4,68 bB	6,12 aA
40 ° C	3,91 bC	4,55 aB

CV% = 5,05; <sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = 0,48 ; <sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = 0,34

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>1</sup>DMS<sub>T/L</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento Temperatura dentro de Luz.

<sup>2</sup>DMS<sub>L/T</sub> = Diferença mínima significativa do teste de Tukey para o desdobramento de Luz dentro de Temperatura.

Ao se confrontar os valores do tempo médio de germinação com os da velocidade de germinação constata-se que, para os tratamentos no escuro quanto maior o índice de velocidade de germinação menor o tempo médio de germinação, exceto para a temperatura de 20°C, que ocorreu o inverso. No entanto, nos tratamentos sob luz o maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação só ocorrem para as temperaturas de 25 e 30°C.

Ferraz-Grande e Takaki (2001) ao estudarem *Dalbergia nigra*, espécie ameaçada de extinção, determinaram a temperatura ótima de 30,5 °C para a germinação de suas sementes,

embora a espécie apresente uma ampla faixa de temperatura onde a germinação ocorre e verificaram que a luz branca não influenciou o processo. Por outro lado, ao estudar o efeito de temperaturas e substratos na germinação de *Dalbergia nigra*, Andrade *et al.* (2006) obtiveram melhores porcentagens de germinação em temperaturas constantes de 20 e 30 °C e alternadas de 20-30 e 20-35 °C. Além de atuar na porcentagem e velocidade de germinação a temperatura influencia no crescimento de plântulas. Segundo Lima *et al.* (2011), temperaturas alternadas de 20-30 °C e 20-35 °C favoreceram tanto o crescimento quanto a transferência de massa seca dos cotilédones para o eixo embrionário em plântulas de *Caesalpinia pyramidalis*. O crescimento das plântulas de *D. cearensis* aos 28 dias de idade, e com 50% de luz em casa de vegetação, apresentam investimento no crescimento de 1,84 mm de raiz para cada 1 mm de parte aérea. Por outro lado, a razão raiz/parte aérea mostra que para cada grama de investimento em raiz, a plântula investe cinco gramas de massa seca na parte aérea (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

Em geral, para alguns autores, a temperatura ótima para a germinação de sementes é aquela em que a germinação é maior e mais rápida (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Sasaki e Felipe (1992) avaliaram a viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium* e encontraram a temperatura ótima de 25 °C para a espécie. Os efeitos da temperatura sobre a germinação de sementes de *Dalbergia retusa*, em perigo de extinção na Costa Rica, foram avaliados por García e Di Stéfano (2000). Segundo estes autores, algumas sementes foram capazes de germinar entre 40 e 45 °C, mas a maior germinação foi obtida a 30 °C. No caso da *Dalbergia cearensis*, foi encontrada uma faixa ótima de 25 a 35°C para a germinação de suas sementes. Portanto, diferente dos resultados encontrados nos citados estudos, onde foram definidas temperaturas constantes ótimas para as espécies do gênero *Dalbergia*.

Para Vázquez-Yanes (1974, 1987) espécies que crescem em áreas expostas ao sol têm maiores porcentagem de germinação quando a temperatura é alta e são inibidas se a temperatura é baixa. Semelhante comportamento pode se encontrar em *Dalbergia cearensis* que ocorre em área de caatinga arbórea densa (CARVALHO, 1997), com temperaturas médias anuais elevadas, com valores entre 26 a 28°C (NIMER, 1989). Além do mais, uma maior germinação sob um amplo regime de temperatura e condições de luz sugere que o local e as condições de solo onde as sementes são depositadas são aspectos importantes a serem considerados (GUTIERREZ *et al.*, 1988). Portanto, a faixa de temperatura de 25 a 35 °C em que há maior germinação pode conferir para a espécie sua garantia de sobrevivência na caatinga, na região semiárida e em áreas desmatadas, onde é comum se encontrar

temperaturas dentro dessa faixa. Nessa região, assim como em outras florestas secas Neotropicais a perda da biodiversidade associada com a necessidade de restauração tem como principal limitação a disponibilidade de sementes de espécies adaptadas a locais com intensidade de luz alta, baixa umidade no solo e flutuação diurna na temperatura (GONZÁLEZ-RIVAS *et al.*, 2009). Em uma floresta seca na Nicarágua, sementes de *Guaiacum sanctum* germinaram na presença de luz em uma faixa de temperatura ótima de 20 – 25 °C. Tais características habilitam esta espécie para ser utilizada em programas de reflorestamento de áreas degradadas (GONZÁLEZ-RIVAS *et al.*, 2009).

### 3.4 Conclusões

As sementes de *Dalbergia cearensis* germinaram em temperaturas que variaram de 20 a 40°C, com uma faixa ótima de temperatura entre 25 e 35°C. Confirma-se que esta espécie apresenta plasticidade para tolerar temperaturas em diferentes condições ambientais. Portanto, é possível supor o sucesso de seu recrutamento no ambiente de caatinga, onde está sujeita a altas temperaturas diurnas e baixas temperaturas noturnas. No entanto, não foi confirmada a previsão de aumento na velocidade e redução no tempo médio de germinação na ausência de luz, pois a germinação ocorreu tanto na presença como na ausência de luz. Suas sementes podem ser caracterizadas como fotoblásticas neutras.



### **3.5 Agradecimentos**

Os autores agradecem aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, Senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a realização da pesquisa na área da Unidade de Conservação. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

## Referências

- ANDRADE, A.C.S.; PEREIRA, T.S.; FERNANDES, M.J; CRUZ, A.P.M.; CARVALHO, A.S.R. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.517-523, 2006.
- BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 2, p. 288-307, 2006.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. New York: Academic Press. 1998, 666p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York and London: Plenum Press,1994.445p.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.
- BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Orgs). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife, MXM Gráfica e Editora, 2005. p. 207-218.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009, 399p.
- BUCKERIDGE, M.S. et al. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 163-185.
- CARVALHO, A.M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n.1, p. 87-109, 1997.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CHESSON, P.; GEBAUER, R. L. E.; SCHWINNING, S.; HUNTLY, N.; WIEGAND, K.; ERNEST, S. K. M.; SHER, A.; NOVOPLANSKY, A.; WELTZIN, J. F. Resource pulses, species interactions and diversity maintenance in arid and semi-arid environments. **Oecologia**, v. 141, p. 236-253, 2004.

CIPRIOTTI, P. A.; FLOMBAUM, P.; SALA, O. E.; AGUIAR, M. R. Does drought control emergence and survival of grass seedlings in semi-arid rangelands? An example with a Patagonian species. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 3, p. 162-174, 2008.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n.4, p. 401-404, 2001.

FELIPPE, G.M. et al. **Fisiologia do desenvolvimento vegetal**. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus .1983.66p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar 4.3**.2003. Disponível em: <(http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvar)> Acesso em: 02 de setembro de 2010.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M. B.(Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRANTES, 1993. p.137-174.

GARCIA, E.G.; DI STÉFANO, J.F. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol em peligro de extincion. **Revista de Biología Tropical**, v.48, n.1, p.43-45, 2000.

GERHARDT, K .Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology Management**, v. 82, n. 1-3, p. 33-48, 1996.

GONÇALVES, C.S.; MONTE, I.G.; CÂMARA, N.L. Clima. In: CALDEIRON, S.S. (Coord.). **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1993. p. 97-100.

GONZÁLEZ-RIVAS, B.; TIGABU, M.; CASTRO-MIRIN, G.; ODÉN, P.C. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. **Journal of Forestry Research**, v. 20, n. 2, p. 99-104, 2009.

GRUBB, P.J. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Reviews**, v. 52, p.107-145, 1977.

GUTIERREZ, J.R.; AGUILERA, L.E.; MORENO, R.J. The effects of variable regimes of temperature and light on the germination of *Atriplex repanda* seeds in the semi-arid region of Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 61, p. 61-65,1988.

HENDRICKS, S.B.; TAYLORSON, N.B. Variation in germination and aminoacid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v. 58, n.1, p.7-11, 1976.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal: Quixadá**. Disponível em: <( <http://www.ipece.ce.gov.br/>)> Acesso em: 27 de janeiro de 2011.

JEFFERSON, L.V.; PENNACCHIO, M. The impact of shade on establishment of shrubs adapted to the high light irradiation of semi-arid environments. **Journal of Arid Environments**, v. 63, n.4, p.706-716, 2005.

KHURANA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v. 28, n.1, p.39-52, 2001.

LABOURIAU, L.G. **A Germinação das sementes**. Washington: Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos,1983.173p.

LAMB, E. G.; CAHILL, J. F. Consequences of differing competitive abilities between juvenile and adult plants. **Oikos**, v. 122, n. 3, p. 502-512, 2006.

LIMA, C.R.; PACHECO, M.V.; BRUNO, R.L.A.; FERRARI, C.S.; BRAGA JÚNIOR, J.M.; BEZERRA, A.K.D. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* TUL. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.2, p. 216-222, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Plantarum, 2009.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, 1989.270p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p.176-177, 1962.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

NOGUEIRA, F.C.B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n.4, p.978-985, 2010.

PACHECO, M.V.; MATTEI, V.L.; MATOS, V.P.; SENA, L.H.M. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* Benth. seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.205-213, 2010.

PINHEIRO, F.; BORGHETTI, F. Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schltes F.) Mez (Bromeliaceae) **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n.1, p. 27-35, 2003.

PONS, T.L. Seed responses to light. In: FENNER, M. (Ed.) **The ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. p. 237- 260.

POORTER, L.; BONGERS, F.; STERCK, F.J.; WOLL, H. Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 256-267, 2005.

RINCÓN, E. HUANTE, P. Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. **Trees**, v. 7, p. 202-207, 1993.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2.ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1978. 296p.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán valley in Puebla, México. **Journal of Arid Environments**, v. 36, n.4, p.571-578, 1997.

SANTOS, D.L.; SUGAHARA, V.Y.; TAKAKI, M. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC) Standl. e *Tabebuia róseo-alba* (Ridl) Sand-Bignoniaceae. **Ciência Florestal**, v.15, n.1, p. 87-92, 2005.

SASSAKI, R.M.; FELIPPE, G.M. Viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium* Bentham (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n.1, p. 1-3, 1992.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. 2nd ed., San Francisco: W.H. Freeman and Company. 1981. 859p.

VÁZQUEZ-YANES, C. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. **Turrialba**, v. 24, p.176-179, 1974.

VÁZQUEZ-YANES, C. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. **Revista de Biología Tropical**, v.35, sup. 1, p.85-96, 1987.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnel-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 56, n.3, p.295-298, 1982.

YANG, Qi-He; WEI, Xiao.; ZENG, Xian-Lu; YE, Wan-Hui; YIN, Xiao-Juan; ZHANG-MING, Wang; JIANG, Yun-Sheng. Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. **Forest Ecology and Management**, v.255, n.1, p.113-118, 2008.

#### Capítulo 4

**NOGUEIRA, F.C.B.; MARTINS, F. R.; GALLÃO, M.I.; BEZERRA, A.M.E.; MEDEIROS FILHO, S. Efeitos da luminosidade no crescimento inicial de plantas de *Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae), manuscrito a ser submetido à Revista Ciência Florestal.**

## **CAPÍTULO 4: EFEITOS DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE *Dalbergia cearensis* Ducke (FABACEAE)**

### **RESUMO**

*Dalbergia cearensis* Ducke é uma angiosperma endêmica da caatinga. Investigamos o desenvolvimento de plantas jovens de *D. cearensis* em viveiro. Submetemos dezesseis plantas em quatro tratamentos, quatro repetições de blocos ao acaso e cinco períodos de observação a quatro condições experimentais: pleno sol e 50%, 70% e 90% de sombreamento, sem medidas repetidas. O experimento foi montado para avaliar se a pleno sol as plantas de *D. cearensis* alocam mais recursos para as raízes e se as plantas sombreadas apresentem maior crescimento da parte aérea. As variáveis avaliadas no período de 5 de janeiro a 27 de junho de 2011 foram: a altura, o diâmetro do coleto, o número de folhas, o comprimento das raízes, a relação altura/diâmetro do coleto e a matéria seca da relação raiz/parte aérea. Após a germinação, as plantas foram medidas aos 50, 85, 114, 140 e 168 dias de idade. A altura, diâmetro do coleto e razão altura/diâmetro do coleto se desenvolveram melhor sob os três níveis de sombreamento do que a pleno sol. O número de folhas não se mostrou um bom indicador para análise de crescimento em *D. cearensis*. A menor razão comprimento da raiz/parte aérea ficou mais evidente aos 140 dias nas plantas submetidas aos três sombreamentos. A massa seca da relação raiz/parte aérea foi maior a pleno sol do que nos sombreamentos, sendo mais evidente aos 85 dias. Os resultados confirmaram nossa hipótese de trabalho. Plantas jovens de *D. cearensis* mostram maior crescimento da parte aérea sob sombreamento e suas raízes crescem mais a plena luz.

**Palavras-chave:** Alocação de biomassa, Análise de crescimento, Luz, Sombreamento.



## 4.1 Introdução

Vários estudos têm revelado a plasticidade do desenvolvimento inicial e da partição da biomassa de plantas de ambientes com marcante estacionalidade climática sob diferentes condições de luz (HUANTE; RINCÓN, 1997; GASQUE; GARCÍA-FAYOS, 2004; SÁNCHEZ-GÓMEZ *et al.*, 2006; DEVKOTA; JHA, 2010). Em florestas estacionais a luz é abundante e não tem sido considerada um fator abiótico limitante (JURADO *et al.*, 2000; GASQUE; GARCÍA-FAYOS, 2004), mas quando excessiva pode causar fotoinibição (GIERSCH; ROBINSON, 1987).

Por esse motivo, geralmente, as plantas apresentam alterações morfológicas em ambientes com disponibilidade luminosa variável, como a variação da razão de crescimento entre raiz e parte aérea. No entanto, a ausência de chuvas associada a outros fatores característicos de regiões semiáridas, como altas temperaturas, dessecação dos solos e alta intensidade luminosa devem provocar déficit hídrico para as plantas (TROVÃO *et al.*, 2007).

Valores altos da relação raiz/parte aérea e relações positivas entre sobrevivência de plântulas e máxima profundidade das raízes sugerem que espécies com raízes capazes de atingir camadas profundas e mais úmidas do solo estão mais aptas a resistir à seca e se estabelecer em locais com reduzida disponibilidade hídrica (LLORET; CASANOVAS; PEÑUELAS, 1999; JURADO *et al.*, 2001; GASQUE; GARCÍA-FAYOS, 2004; SÁNCHEZ-GÓMEZ *et al.*, 2006; JEFFERSON; PENNACCHIO, 2005). O maior investimento em biomassa radicular por plantas jovens de regiões semiáridas mostra que o desenvolvimento das raízes é imprescindível para que as plantas consigam sobreviver em condições de temperatura e luminosidade elevadas e déficit hídrico sazonal (LLORET; CASANOVAS; PEÑUELAS, 1999).

O nordeste do Brasil é uma grande área semiárida, em que predomina a floresta xerófila espinhosa (RODAL; BARBOSA; THOMAS, 2008). O clima semiárido do nordeste do Brasil caracteriza-se pela imprevisibilidade da estação chuvosa, na qual pode chover ou não, e a quantidade de chuva é muito variável no tempo e no espaço (REIS, 1976; NIMER, 1989; BARBOSA; HUETE; BAETHGEN, 2006). Na floresta xerófila espinhosa, poucas a quase todas as árvores perdem poucas a todas as folhas dependendo da duração e intensidade da estação seca (REIS, 1976; SAMPAIO, 1995). Essa variação da deciduidade cria microambientes mais úmidos e sombreados ou mais secos e iluminados (ANDRADE-LIMA, 1981), variando desde plena exposição ao sol até forte sombreamento e possibilitando

gradientes de luz e umidade no espaço e no tempo. O crescimento de plantas em florestas estacionais é restringido pelo severo déficit hídrico na estação seca, quando a maioria das espécies perde suas folhas (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000). Nesses ambientes, o sombreamento pode reduzir a seca e o excesso de luz e pode modular a sobrevivência de muitas espécies (RAY; BROWN, 1995).

Em florestas sazonais, o contraste entre as condições ambientais provoca respostas diferentes nas plântulas que crescem na estação seca ou chuvosa. Na estação chuvosa, a luz é importante para o estabelecimento e crescimento de plântulas, mas na estação seca o excesso de luz e a maior dessecação provocam maior mortalidade de plântulas em relação a ambientes mais sombreados (GERHARDT, 1996).

Nosso objetivo foi investigar a hipótese de que plantas jovens de uma espécie de árvore do dossel da floresta xerófila espinhosa apresentam estratégias que lhes permitem crescer e se estabelecer em ambientes em que ocorrem grandes variações de luminosidade associadas à imprevisibilidade da disponibilidade da água. Para tanto, admitimos que o crescimento e a alocação de biomassa entre o sistema aéreo e o sistema subterrâneo sejam respostas plásticas moduladas pela variação da intensidade luminosa. Assim, esperamos que as plântulas de tal espécie apresentem diferentes respostas de crescimento e partição de biomassa quando expostas a pleno sol ou sob diferentes níveis de sombreamento.

De maneira geral, a germinação, o estabelecimento e o crescimento de plantas em florestas sazonais secas ocorrem durante uma curta estação chuvosa, quando a água é mais abundante e os nutrientes do solo podem ser absorvidos pelas plantas. Nesse período, a irradiância é reduzida e a qualidade da luz se altera ao longo do perfil da floresta (GERHARDT, 1996; PONS, 2000; JEFFERSON; PENNACCHIO, 2005). Portanto, a germinação de uma espécie de árvore do dossel da floresta xerófila espinhosa deve ocorrer no início das chuvas (GRIZ; MACHADO, 2001). Nesse período quase todas as árvores estão desfolhadas, e as plântulas começam a crescer sob alta luminosidade, mas quando as árvores produzem novas folhas, as plântulas são sombreadas. Como as plântulas crescem sob intensa luminosidade? Como elas passam a crescer quando são sombreadas? Geralmente, intensa luminosidade está associada a condições secas, ao passo que baixa luminosidade está associada à maior umidade (JEFFERSON; PENNACCHIO, 2005). Além disso, durante a curta estação chuvosa as plântulas devem desenvolver rapidamente um sistema radicular mais profundo que lhes permita alcançar água na estação seca (LLORET; CASANOVAS; PEÑUELAS, 1999; JURADO *et al.*, 2001).

Simulando o ambiente da floresta xerófila espinhosa no final da seca/início da chuva, esperamos que a pleno sol as plantas aloquem mais recursos para as raízes e menos para a parte aérea (POORTER; NAGEL, 2000). Simulando seu ambiente em plena estação chuvosa, esperamos que as plantas sombreadas apresentem maior crescimento da parte aérea (VALLADARES; SKILLMAN; PAERCY, 2002).

## **4.2 Material e métodos**

### ***4.2.1 A espécie estudada***

*Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae: Faboideae) é uma espécie decídua endêmica da floresta xerófila espinhosa do nordeste do Brasil (CARVALHO, 1997) e pode atingir 5-8 m de altura, tendo madeira com 1,01 g/cm<sup>3</sup> de densidade específica (LORENZI, 2009). Sua madeira é muito utilizada para a confecção de móveis de luxo e instrumentos musicais (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2009). Suas plantas não têm estruturas armazenadoras de água no caule ou na raiz, perdem as folhas no início da estação seca, permanecem decíduas por quatro a seis meses e emitem novas folhas e florescem no início da estação chuvosa e seus frutos amadurecem no início da estação seca (LORENZI, 2009). Suas sementes apresentam alto percentual de germinação (70%), que tem início a partir do terceiro dia após a semeadura e produzem plântulas do tipo fanero-epígeo-armazenadoras (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

### ***4.2.2 Área de estudo***

Coletamos frutos maduros de *D. cearensis* no mês de agosto de 2010 de cinco árvores sadias num fragmento de 300 ha da floresta xerófila espinhosa na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Fazenda Não me Deixes (4°49'34" S, 38°58'9" W e 210 m de altitude), município de Quixadá, estado do Ceará, nordeste do Brasil. Para mais

informações sobre a vegetação consulte Costa et al. (2007). O clima é Aw' de Köppen. Trata-se da região pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18 °C e precipitação do mês mais seco menor que 30 mm, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono (EMBRAPA, 2004). A temperatura anual média é de 27,2 °C, a média das máximas 32,4 °C e a média das mínimas 22,3 °C; na estação chuvosa (janeiro-maio) chove mais de 75 mm mensais, concentrando 85% do total anual; na estação seca (junho a dezembro) chove menos que 51 mm mensais (EMBRAPA, 2004). O solo do experimento foi coletado na área da Unidade de Conservação e de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos é classificado como Planosolo Nátrico (EMBRAPA, 2006). É um solo eutrófico, rico em nutrientes (Tabela 11).

Tabela 11 - Análise química do solo da Fazenda Não me Deixes, município de Quixadá, Ceará, utilizado como substrato para desenvolvimento de plantas de *Dalbergia cearensis* Ducke. Análise efetuada no Laboratório de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

Complexo Sortivo	cmolc kg <sup>-1</sup>	V(%)	86
Ca <sup>2+</sup>	4,80	m(%)	4
Mg <sup>2+</sup>	2,70	PST	1
Na <sup>+</sup>	0,03	C(g kg <sup>-1</sup> )	10,86
K <sup>+</sup>	0,19	N (g kg <sup>-1</sup> )	1,01
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	1,32	C/N	11
Al <sup>3+</sup>	0,30	M O (g kg <sup>-1</sup> )	18,72
S	7,7	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	7
T	9,0	pH (H <sub>2</sub> O)	6,5

#### 4.2.3 Delineamento experimental

Colocamos os frutos para secar a pleno sol e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará extraímos manualmente as sementes com um estilete. Armazenamos as sementes em

geladeira a 8°C por aproximadamente cinco meses, quando iniciamos os experimentos. Numa área do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, colocamos as sementes em sacos de polietileno preto-opaco de 15 x 25 cm, com perfurações laterais para drenagem, preenchidos com solo coletado a 0-20 cm de profundidade do local de ocorrência da espécie.

Semeamos duas sementes a 3 mm de profundidade em cada saco e irrigamos diariamente, exceto em dias com chuva. O tempo médio de germinação foi de 3 a 5 dias a partir da semeadura, e após a emergência mantivemos apenas uma planta por saco. Dispusemos os sacos em 16 bases de 1 x 1 m elevadas a 5,0 cm do nível do solo. Para sombreamento usamos uma estrutura de 1 x 1 x 2m (comprimento, profundidade, altura) confeccionada com canos de ferro e revestida com tela sombrite e aplicamos os seguintes tratamentos:

- 1) Pleno sol, representando uma clareira grande na floresta xerófila espinhosa.
- 2) 50% de sombreamento, representando o início do brotamento de folhas nas árvores do dossel.
- 3) 70% de sombreamento, representando o brotamento de folhas em toda a copa das árvores do dossel.
- 4) 90% de sombreamento, simulando uma condição na qual é máxima a presença de folhas na copa das árvores.

Medimos as plantas em 24/2/2011 (50 dias), em 31/3/2011(85 dias), em 29/4/2011 (114 dias), em 30/5/2011(140 dias) em 27/6/2011 (168 dias) de idade. Assim, nosso experimento seguiu um delineamento de quatro blocos (pleno sol, 50%, 70% e 90% de sombreamento) e quatro repetições, num esquema fatorial 4 x 5 ( sombreamento x idade). Usamos 16 plantas por tratamento para cada período de idade analisado, sem medidas repetidas.

#### ***4.2.4 Coleta dos dados***

Em cada tratamento medimos a temperatura e a intensidade luminosa a cada hora das 6 h às 18 h em 17 de junho de 2010 por meio de termômetro digital Iminipa modelo MT 220 e

luxímetro digital Icel modelo LD-510. Transformamos a luminosidade em radiação fotossinteticamente ativa (RFA, em  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) por meio do fator de conversão (Lux/1000) x 18. Entre 5/01/2011 e 27/06/2011 medimos a altura, o diâmetro do coleto e o comprimento das raízes e contamos o número de folhas das plantas. Medimos o diâmetro do coleto (mm) com um paquímetro digital e o comprimento da parte aérea (cm) do nível do solo até a gema apical com régua graduada em milímetros. Depois dessas medições, retiramos as plantas dos sacos, separamos as raízes da parte aérea e medimos o comprimento da maior raiz com régua graduada em milímetros. Secamos as raízes e a parte aérea em estufa a 80°C até peso constante e as pesamos em balança com precisão de 0,01g para estimar a biomassa.

#### **4.2.5 Análise dos dados**

Aplicamos uma análise de variância considerando a altura da parte aérea, comprimento da raiz, o diâmetro do coleto, o número de folhas, a relação altura/diâmetro do coleto e raiz/parte aérea e a massa seca da raiz, caule, folhas, total e relação raiz/ parte aérea. Testamos a normalidade e a homocedasticidade dos dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente, e aplicamos a transformação  $\log(x + 1)$  para as variáveis contínuas e  $\sqrt{x}$  para as variáveis discretas (SOKAL; ROHLF, 1981). Porém, nas tabelas apresentamos os dados originais, sem transformação. Usamos o teste de Tukey para comparar as médias entre os tratamentos que apresentaram diferença significativa a 5% pelo teste F. Os testes estatísticos foram processados no software SPSS 14.0 for Windows (SPSS, 2007).

### **4.3 Resultados**

As temperaturas foram semelhantes entre os tratamentos no início e no fim do dia, e as maiores diferenças ocorreram entre 11 e 13 h, quando o tratamento a pleno sol atingiu as maiores temperaturas (Figura 11). Exceto nos horários das 6 e 18 h, os valores de densidade de fluxo da radiação fotossinteticamente ativa foi maior no tratamento a pleno sol, foi menor a

90% de sombreamento e foi semelhante entre os tratamentos de 50% e 70% de sombreamento (Figura 12). Os fatores de variação tratamento e idade foram significativos para as quatro variáveis respostas analisadas. Os efeitos dos diferentes níveis de luminosidade no crescimento das plantas estão representados na Tabela 12.

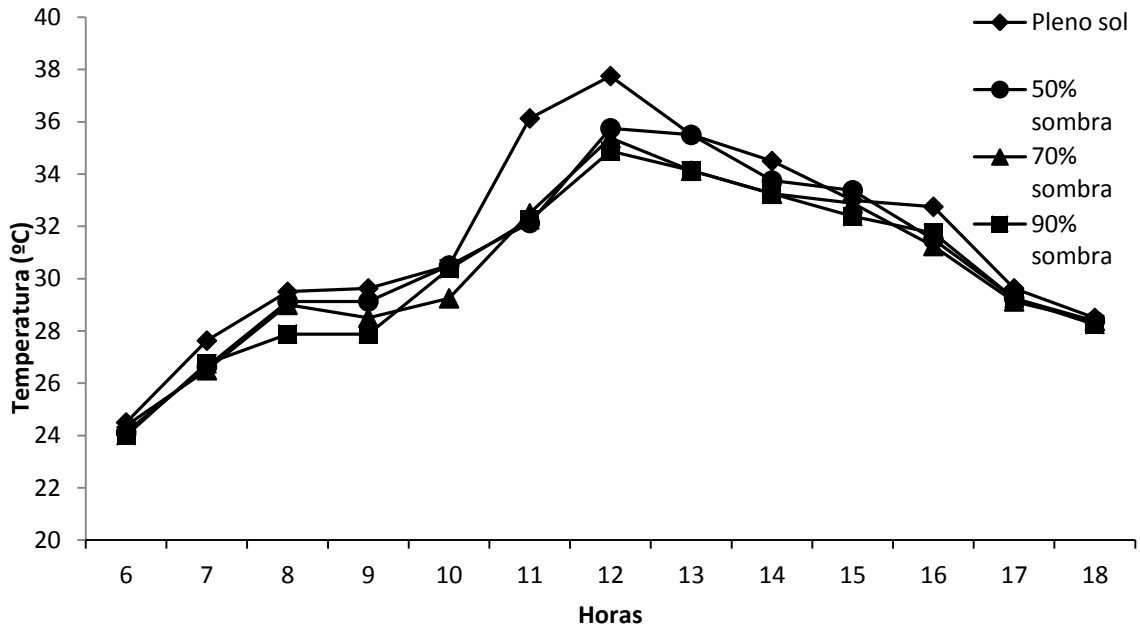


Figura 11 - Comportamento diário da temperatura (°C) nos quatro tratamentos estudados, obtido em 17/6/2010, na área do experimento localizada nas coordenadas geográficas 03° 44' 17" S e 38° 34' 22" W, com altitude de 12 m.. Pleno Sol (-♦- ); 50% sombra ( -●- ); 70% sombra ( -▲- ) e 90% sombra ( -■- ).

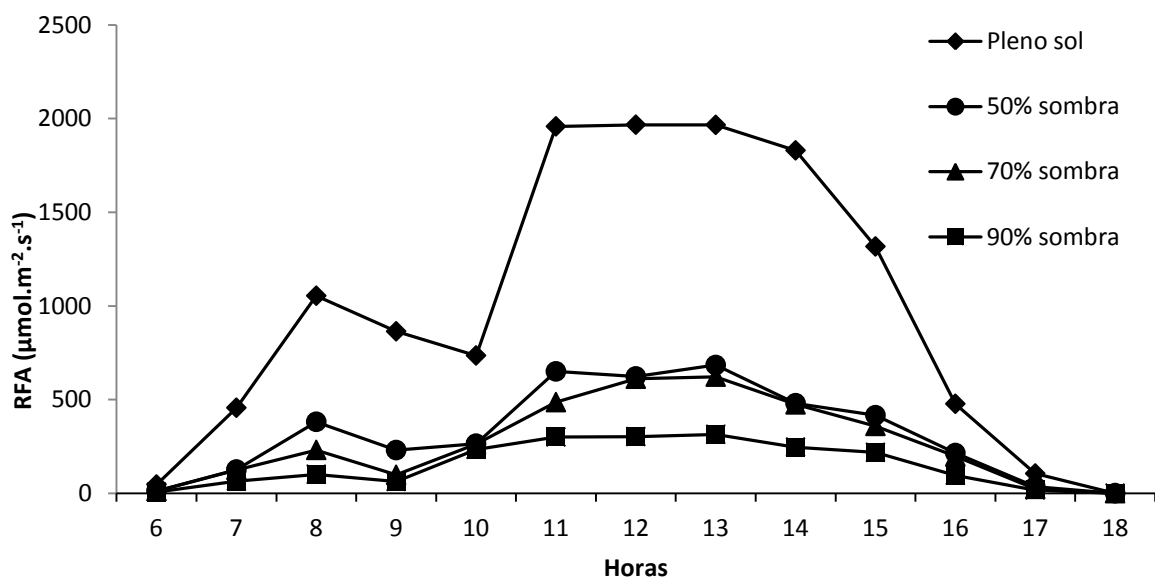


Figura 12 - Comportamento diário da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos quatro tratamentos estudados, obtido em 17/6/2010, na área do experimento localizada nas coordenadas geográficas 03° 44' 17" S e 38° 34' 22" W, com altitude de 12 m. Pleno Sol (-♦- ); 50% sombra ( -●- ); 70% sombra ( -▲- ) e 90% sombra ( -■- ).

Tabela 12 – Altura, diâmetro do coleto, comprimento de raiz e número de folhas de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke, submetidas a diferentes condições de sombreamento em viveiro. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Idade (dias)	Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro do coleto (mm)	Raiz (cm)	Nº Folhas
50	Pleno sol	7,31 $\pm$ 2,33 a	1,32 $\pm$ 0,19 a	13,89 $\pm$ 3,96 a	3,25 $\pm$ 0,95 a
	50% sombra	7,56 $\pm$ 2,58 a	1,21 $\pm$ 0,17 a	12,89 $\pm$ 3,37 a	3,75 $\pm$ 1,42 a
	70% sombra	6,86 $\pm$ 1,64 a	1,17 $\pm$ 0,13 a	13,18 $\pm$ 2,41 a	3,75 $\pm$ 1,01 a
	90% sombra	7,40 $\pm$ 1,90 a	1,12 $\pm$ 0,17 a	11,21 $\pm$ 3,76 a	3,25 $\pm$ 0,93 a
85	Pleno sol	7,43 $\pm$ 1,81 b	1,58 $\pm$ 0,17 a	23,18 $\pm$ 8,29 a	5,50 $\pm$ 2,09 a
	50% sombra	9,44 $\pm$ 3,26 ba	1,81 $\pm$ 0,33 a	18,58 $\pm$ 4,09 ba	5,75 $\pm$ 1,38 a
	70% sombra	9,25 $\pm$ 2,48 ba	1,73 $\pm$ 0,27 a	19,49 $\pm$ 7,96 ba	6,00 $\pm$ 1,52 a
	90% sombra	10,74 $\pm$ 2,85 a	1,52 $\pm$ 0,29 a	15,64 $\pm$ 4,29 b	5,75 $\pm$ 1,43 a
114	Pleno sol	8,16 $\pm$ 1,76 a	2,16 $\pm$ 0,44 a	26,36 $\pm$ 7,58 a	6,00 $\pm$ 1,58 a
	50% sombra	9,39 $\pm$ 3,46 a	2,33 $\pm$ 0,48 a	21,11 $\pm$ 8,24 a	7,50 $\pm$ 1,92 a
	70% sombra	9,26 $\pm$ 2,75 a	1,93 $\pm$ 0,45 ba	20,30 $\pm$ 8,34 a	7,00 $\pm$ 1,86 a
	90% sombra	10,72 $\pm$ 2,86 a	1,57 $\pm$ 0,34 b	20,54 $\pm$ 6,72 a	6,00 $\pm$ 1,21 a
140	Pleno sol	10,39 $\pm$ 2,54 b	2,65 $\pm$ 0,37 b	33,36 $\pm$ 9,86 a	7,75 $\pm$ 2,02 b
	50% sombra	17,22 $\pm$ 5,53 a	3,24 $\pm$ 0,70 a	34,41 $\pm$ 9,03 a	10,25 $\pm$ 2,74 a
	70% sombra	15,78 $\pm$ 3,88 a	3,32 $\pm$ 0,53 a	30,23 $\pm$ 7,51 a	9,00 $\pm$ 2,47 ba
	90% sombra	15,82 $\pm$ 5,34 a	2,45 $\pm$ 0,58 b	28,71 $\pm$ 6,03 b	8,50 $\pm$ 2,65 ba
168	Pleno sol	13,50 $\pm$ 3,18 b	3,59 $\pm$ 0,77 b	35,06 $\pm$ 10,16 a	10,00 $\pm$ 2,73ba
	50% sombra	22,40 $\pm$ 6,52 a	4,55 $\pm$ 0,70 a	34,93 $\pm$ 6,61 a	12,50 $\pm$ 2,24 a
	70% sombra	23,06 $\pm$ 6,86 a	4,41 $\pm$ 0,74 a	37,81 $\pm$ 8,01 a	11,25 $\pm$ 2,36 ba
	90% sombra	18,93 $\pm$ 6,09 a	3,13 $\pm$ 0,50 b	34,19 $\pm$ 6,52 a	9,25 $\pm$ 2,80 b



A altura das plantas jovens não mostrou diferença significativa nos primeiros 50 dias ( $p=0,939$ ;  $F=0,134$ ) e nos 114 dias ( $p=0,202$ ;  $F=1,590$ ) de idade. Nas demais idades houve diferença significativa para 85 ( $p=0,039$ ;  $F=3,001$ ), 140 ( $p=0,001$ ;  $F=6,380$ ) e 168 ( $p=0,000$ ;  $F=7,995$ ) dias, com as menores alturas observadas a pleno sol e as maiores registradas para os tratamentos de sombreamento, os quais não diferiram significativamente. As maiores temperaturas foram registradas à pleno sol ( $36,13^{\circ}\text{C}$  às 11 horas representou a maior diferença), em contraste com as menores observadas nos tratamentos sombreados ( $32,13$ ;  $32,50$  e  $32,25^{\circ}\text{C}$  para 50%, 70% e 90% de sombreamento, respectivamente).

O crescimento do diâmetro do coleto não mostrou diferença significativa nos primeiros 50 dias ( $p=0,356$ ;  $F=1,102$ ) e 85 dias ( $p=0,163$ ;  $F=1,772$ ) de idade. A partir dos 140 dias ( $p=0,000$ ;  $F=9,242$ ) e 168 dias ( $p=0,000$ ;  $F=15,405$ ) há uma diminuição no diâmetro do coleto das plantas a pleno sol e em 90% de sombreamento.

O comprimento da raiz foi maior aos 85 e 140 dias nos tratamentos pleno sol, 50 e 70% e menor a 90% de sombreamento ( $p=0,0148$  e  $F=3,855$ ,  $p=0,000$  e  $F=44,427$ , respectivamente). As demais idades não apresentaram diferença estatística significativa.

O número de folhas não mostrou diferença significativa em 50, 85 e 114 dias de idade ( $p=0,243$  e  $F=1,433$ ;  $p=0,735$  e  $F=0,425$ ;  $p=0,049$  e  $F=2,790$  respectivamente). Somente aos 140 dias ( $p=0,0183$ ;  $F=3,678$ ) e aos 168 dias ( $p=0,005$ ;  $F=4,780$ ) foi que os tratamentos apresentaram diferença significativa.

Verificamos que a produção de matéria seca, tanto da planta inteira (total) quanto para a raiz, caule e folhas, não foi afetada pelos tratamentos até as plantas atingirem a idade de 114 dias (exceto a variável total aos 114 dias), talvez devido a acentuada variação entre os indivíduos dentro de cada tratamento, evidenciada pelas diferenças nos desvios padrões. Apesar disso, os fatores de variação tratamento e idade resultaram em diferenças significativas na quantidade de biomassa acumulada e na relação massa seca da raiz/parte aérea nas idades de 140 e 168 dias, conforme pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13 – Efeito dos diferentes níveis de sombreamento sobre as variáveis de massa seca de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Idade (dias)	Tratamento	Massa seca (g)				
		Raiz (R)	Caule (C)	Folhas (F)	(R+C+F)	R/C+F
50	Pleno sol	0,03 $\pm$ 0,02a	0,03 $\pm$ 0,01a	0,05 $\pm$ 0,03a	0,11 $\pm$ 0,06a	0,38 $\pm$ 0,17a
	50% sombra	0,03 $\pm$ 0,01a	0,03 $\pm$ 0,01a	0,06 $\pm$ 0,03a	0,11 $\pm$ 0,04a	0,39 $\pm$ 0,17a
	70% sombra	0,03 $\pm$ 0,01a	0,03 $\pm$ 0,01a	0,06 $\pm$ 0,02a	0,11 $\pm$ 0,04a	0,37 $\pm$ 0,17a
	90% sombra	0,02 $\pm$ 0,01a	0,02 $\pm$ 0,01a	0,04 $\pm$ 0,03a	0,08 $\pm$ 0,04a	0,32 $\pm$ 0,12a
85	Pleno sol	0,12 $\pm$ 0,05a	0,08 $\pm$ 0,03a	0,14 $\pm$ 0,10a	0,34 $\pm$ 0,13a	0,73 $\pm$ 0,51a
	50% sombra	0,13 $\pm$ 0,06a	0,12 $\pm$ 0,06a	0,26 $\pm$ 0,16a	0,51 $\pm$ 0,25a	0,42 $\pm$ 0,32a
	70% sombra	0,13 $\pm$ 0,06a	0,11 $\pm$ 0,05a	0,26 $\pm$ 0,22a	0,50 $\pm$ 0,30a	0,41 $\pm$ 0,19a
	90% sombra	0,08 $\pm$ 0,04a	0,09 $\pm$ 0,04a	0,16 $\pm$ 0,08a	0,32 $\pm$ 0,16a	0,34 $\pm$ 0,13a
114	Pleno sol	0,38 $\pm$ 0,23a	0,15 $\pm$ 0,08a	0,29 $\pm$ 0,18a	0,81 $\pm$ 0,47ba	0,94 $\pm$ 0,42a
	50% sombra	0,39 $\pm$ 0,27a	0,19 $\pm$ 0,10a	0,43 $\pm$ 0,24a	1,01 $\pm$ 0,56a	0,64 $\pm$ 0,26a
	70% sombra	0,22 $\pm$ 0,14a	0,12 $\pm$ 0,09a	0,26 $\pm$ 0,21a	0,60 $\pm$ 0,42a	0,62 $\pm$ 0,25a
	90% sombra	0,10 $\pm$ 0,07a	0,09 $\pm$ 0,05a	0,16 $\pm$ 0,09a	0,35 $\pm$ 0,20b	0,45 $\pm$ 0,17a

Tabela 13 – Continuação

Idade (dias)	Tratamento	Massa seca (g)				
		Raiz (R)	Caule (C)	Folhas (F)	(R+C+F)	R/C+F
140	Pleno sol	0,78±0,46a	0,29±0,15a	0,53±0,33a	1,60±0,81ba	1,06±0,46a
	50% sombra	1,18±0,74a	0,54±0,28a	0,91±0,47a	2,62±1,38a	0,81±0,27b
	70% sombra	0,85±0,29b	0,52±0,21a	0,86±0,46a	2,23±0,90a	0,74±0,40b
	90% sombra	0,43±0,25b	0,32±0,23a	0,49±0,42a	1,24±0,86b	0,63±0,31b
168	Pleno sol	2,57±1,23a	0,66±0,30b	1,23±0,77b	4,47±2,12a	1,47±0,54a
	50% sombra	3,72±1,36a	1,38±0,55a	2,04±0,68a	7,14±2,07a	1,15±0,39ba
	70% sombra	2,92±1,10a	1,28±0,88a	2,10±0,88a	6,30±2,29a	0,91±0,30b
	90% sombra	1,38±0,56a	0,63±0,31b	0,66±0,30c	2,67±0,95a	1,17±0,44a

A massa seca da raiz foi maior aos 140 dias nos tratamentos a pleno sol e 50% de sombra ( $p=0,000$  e  $F=14,450$ ). A biomassa do caule mostrou maior acúmulo a 50 e 70% de sombreamento aos 168 dias ( $p=0,000$  e  $F=14,450$ ). Também na idade de 168 dias ( $p=0,000$  e  $F=27,011$ ) verificamos maior acúmulo de biomassa foliar aos 50 e 70% de sombreamento. O maior acúmulo de biomassa total pelas plantas ocorreu aos 114 dias de idade ( $p=0,002$  e  $F=7,925$ ) e aos 140 dias ( $p=0,007$  e  $F=4,447$ ) para os tratamentos a pleno sol, 50 e 70%. A massa seca da relação raiz/parte aérea mostrou diferença significativa na idade de 140 dias ( $p=0,007$ ;  $F=4,483$ ), sendo a maior relação a pleno sol e aos 168 dias ( $p=0,000$ ;  $F=8,936$ ) não houve diferença estatística significativa para a maior relação da raiz/parte aérea entre pleno sol, 50 e 90% de sombra. Os fatores de variação tratamento e idade resultaram em diferenças significativas sobre a razão altura/coleto e a razão comprimento da raiz/comprimento do caule, conforme pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados dos diferentes níveis de sombreamento sobre a razão altura/coleto e a razão comprimento da raiz/comprimento do caule de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro de cada idade, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Idade (dias)	Tratamento	Razão altura/coleto	Razão Raiz/caule
50	Pleno sol	51,48 $\pm$ 14,60 a	2,15 $\pm$ 0,64 a
	50% sombra	61,48 $\pm$ 15,87 a	1,86 $\pm$ 0,74 a
	70% sombra	58,40 $\pm$ 10,72 a	1,99 $\pm$ 0,44 a
	90% sombra	68,32 $\pm$ 23,35 a	1,61 $\pm$ 0,65 a
85	Pleno sol	46,92 $\pm$ 11,24 b	3,38 $\pm$ 1,56 a
	50% sombra	52,16 $\pm$ 14,67 b	2,19 $\pm$ 0,87 b
	70% sombra	53,38 $\pm$ 12,39 b	2,26 $\pm$ 1,15 b
	90% sombra	71,01 $\pm$ 15,57 a	1,59 $\pm$ 0,75 b
114	Pleno sol	38,77 $\pm$ 9,85 b	3,36 $\pm$ 1,21 a
	50% sombra	40,57 $\pm$ 13,68 b	2,82 $\pm$ 2,41 ba
	70% sombra	48,20 $\pm$ 11,17 b	2,37 $\pm$ 1,32 b
	90% sombra	68,57 $\pm$ 14,83 a	2,01 $\pm$ 0,65 b
140	Pleno sol	38,92 $\pm$ 6,82 c	3,29 $\pm$ 1,09 a
	50% sombra	53,13 $\pm$ 12,13 ba	2,24 $\pm$ 1,07 b
	70% sombra	47,79 $\pm$ 11,10 cb	2,11 $\pm$ 0,98 b
	90% sombra	63,66 $\pm$ 11,51 a	1,96 $\pm$ 0,57 b
168	Pleno sol	38,33 $\pm$ 8,76 b	2,77 $\pm$ 1,06 a
	50% sombra	49,74 $\pm$ 14,50 ba	1,69 $\pm$ 0,58 b
	70% sombra	52,20 $\pm$ 12,62 a	1,81 $\pm$ 0,76 b
	90% sombra	60,82 $\pm$ 17,30 a	1,92 $\pm$ 0,52 ba

A razão altura/diâmetro do coleto mostrou diferença estatística significativa aos 85 dias ( $p=0,001$ ;  $F=6,244$ ) e aos 114 dias ( $p=0,000$ ;  $F=12,754$ ), com os maiores valores obtidos no tratamento com 90% de sombreamento. Aos 140 dias ( $p=0,000$ ;  $F=7,463$ ) os maiores valores foram encontrados na condição de 50 e 90% de sombra e aos 168 dias ( $p=0,000$ ;  $F=6,704$ ) a maior razão foi verificada nos tratamentos de 50, 70 e 90% de sombreamento.

A razão do comprimento da raiz/comprimento da parte aérea mostrou diferença estatística significativa aos 85 dias ( $p=0,000$ ;  $F=9,450$ ), aos 114 dias ( $p=0,002$ ;  $F=5,334$ ), aos 140 dias ( $p=0,002$ ;  $F=5,568$ ) e aos 168 dias ( $p=0,004$ ;  $F=4,938$ ). Para essas idades, a relação do comprimento da raiz/comprimento da parte aérea foi mais elevada para as plantas jovens submetidas ao pleno sol, mas não diferiram estatisticamente do tratamento de 50% de sombra aos 114 dias e do tratamento de 90% de sombra, aos 168 dias.

#### 4.4 Discussão

*Dalbergia cearensis* mostrou melhor crescimento em altura sob as três condições de sombreamento. O crescimento em altura sob baixa intensidade luminosa pode representar um impacto imediato sobre os competidores intra e inter específicos. Esse atributo de *D. cearensis*, em resposta à sombra, sugere uma habilidade competitiva para obter um adequado nível de recursos (menor temperatura, maior umidade) nesses ambientes sombreados (JEFFERSON; PENNACCHIO, 2005). Em geral, plântulas de florestas tropicais secas são mais sensíveis aos períodos secos, e por isso crescem menos, em decorrência da diminuição da disponibilidade de água no solo, aumento do fotoperíodo e temperatura (BORCHERT, 1996).

As maiores temperaturas registradas à pleno sol em contraste com as menores observadas nos tratamentos sombreados podem ter contribuído para a redução na altura das plantas. A elevação da temperatura gera uma intensificação na taxa respiratória nas folhas e induz o fechamento dos estômatos. Esse comportamento fisiológico reduz a fixação de carbono e provoca, por consequência, aumento no consumo de fotoassimilados (GRIME, 1965; KOZLOWSKI; KRAMER; PALTARDY, 1991).

Nas idades onde ocorreu diferença estatística significativa para altura, os tratamentos sombreados apresentaram maior incremento para esta variável em comparação ao pleno sol. Esses resultados indicam que a condição à pleno sol limita o crescimento em altura de plantas

jovens de *D. cearensis*. É provável que nos tratamentos à sombra tenha existido uma melhor utilização da temperatura ao nível das folhas, com reflexo na otimização da atividade fotossintética (GRIME, 1965; KOZLOWSKI; KRAMER; PALTARDY, 1991). Acreditamos que a redução do crescimento em altura, a pleno sol, esteja associada à elevação da temperatura das folhas, que se deduz em maior taxa respiratória causando fechamento dos estômatos.

Por outro lado, a diminuição do diâmetro do coleto ocorreu tanto à pleno sol quanto no tratamento com 90% de sombreamento. É possível que essa diminuição no diâmetro das plantas decorra da menor produção de fotoassimilados provocado pelo excesso de luz e pelo excesso de sombra. Isto sugere que *D. cearensis* apresenta melhor crescimento do diâmetro do coleto das plantas em condição intermediária de sombreamento (50 e 70% de sombra). O sombreamento excessivo pode acarretar a diminuição da atividade fotossintética nas plantas jovens. Esse fato provoca menor produção de fotoassimilados e reguladores de crescimento, que irá influir na redução do diâmetro do caule (KOZLOWSKI, 1962). Porém, em ambientes sombreados, altos valores em diâmetro do coleto indicam que haverá maior estabilidade das plantas, uma vez que este é indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese (KOZLOWSKI; KRAMER; PALTARDY, 1991).

O maior comprimento de raiz a pleno sol e nas condições intermediárias de sombreamento (50 e 70%) sugerem que *D. cearensis* apresenta um comportamento, para essa variável, semelhante ao das espécies que ocorrem em ambientes com excesso de luz, como as regiões semiáridas. Nesses ambientes, onde há pouca disponibilidade de nutrientes decorrente da escassez de água, as plantas normalmente investem mais recursos no sistema radicular, visando maior eficiência na absorção dos recursos limitantes (MARTINS et al., 2005).

As folhas representam um órgão produtor de fotoassimilados para os vegetais. No entanto, o número de folhas não contribuiu para evidenciar a análise de crescimento de *D. cearensis*. Aos 140 e 168 dias, o menor número de folhas ocorreu no tratamento a pleno sol que não diferiu estatisticamente dos tratamentos de 70 e 90% de sombra. Por outro lado, o maior número de folhas ocorreu no tratamento com 50% de sombra, aos 140 e 168 dias, no entanto não diferiu estatisticamente dos tratamentos de 70 e 90% de sombreamento aos 140 dias e do tratamento de 70% de sombra, aos 168 dias. Respostas similares aos de *D. cearensis* foram registrados por outros autores, para o número de folhas em diferentes espécies (FELFILI et al., 1999; RAMOS et al., 2004).

A massa seca da raiz mostrou maior acúmulo a pleno sol, enquanto para a massa seca do caule e folhas a maior biomassa acumulada foi com 50 e 70% de sombreamento. O

maior investimento em biomassa radicular é uma característica que permite as espécies absorverem maior umidade e atenderem suas demandas respiratórias (POPMA; BONGERS, 1988). Para Markesteijn e Poorter (2009), plântulas de florestas tropicais secas investem mais na produção de biomassa radicular comparada com a biomassa da parte aérea, produzindo longas raízes que alcançam a água disponível na camada mais profunda do solo. Por outro lado, os dados encontrados para avaliação do acúmulo de matéria seca total e razão da massa seca da raiz/parte aérea não nos permite avaliar qual o melhor tratamento para o desenvolvimento de *D. cearensis*.

*Dalbergia cearensis* apresentou maiores valores para a relação altura/diâmetro do coleto para os três níveis de sombreamento em comparação com pleno sol. A elevada razão altura/diâmetro do coleto pode ser um indicativo de estiolamento nas plantas submetidas ao sombreamento, motivadas pelo crescimento mais rápido em busca de luz. Para Lemaire e Millard (1999), existem espécies que desenvolvem diversas respostas morfológicas quando são submetidas à baixa intensidade luminosa, sendo uma delas o alongamento do caule.

Os maiores valores verificados a pleno sol para a relação do comprimento da raiz/comprimento da parte aérea sugerem que *D. cearensis* apresenta características de plantas adaptadas à ambientes ensolarados. Alta irradiância tende a deslocar mais biomassa em direção à raiz em ambientes com sazonalidade climática, para que as plantas consigam alcançar a umidade existente nas camadas mais profundas do solo e compensar a alta transpiração (POORTER; NAGEL, 2000).

Espécies mais adaptadas a sobreviver em ambientes sob forte estresse hídrico podem apresentar altos valores para a relação raiz-parte aérea, em condições de temperatura elevada e dias longos. A sobrevivência de plantas jovens de arbustos durante o verão seco no Sudeste de Barcelona, Espanha, foi relacionada com a capacidade de produzirem raízes longas, em vez de brotos e folhas (LLORET; CASANOVAS; PEÑUELAS, 1999). A relação do comprimento da raiz/comprimento da parte aérea em plantas de *Centrella asiatica* crescendo a pleno sol comparadas com as submetidas aos sombreamentos, indicou um comportamento adequado de crescimento a lugares com bastante disponibilidade luminosa (DEVKOTA; JHA, 2010). O aumento da razão raiz/parte aérea maximiza a absorção de água e nutrientes em maiores luminosidades (CLAUSSEN, 1996), conferindo às plantas maior capacidade para suportar taxas fotossintéticas elevadas, uma vez que acarreta reduzida necessidade de controlar a abertura estomática para regular a transpiração (POPMA; BONGERS, 1988). No caso de *D. cearensis* é possível supor que o investimento no crescimento radicular sob pleno

sol, apesar de pequeno em relação aos sombreamentos, possa conferir vantagem competitiva a esta espécie, principalmente no período de seca.

Observamos que as raízes de *D. cearensis* associam-se com *Rhizobium*. Por ocasião da análise da biomassa radicular encontramos nodulação por rizobactérias, o que aumenta a importância desta espécie, como sucessora secundária, em programas de restauração ambiental. No entanto, a nodulação no gênero *Dalbergia* parece não estabelecer um padrão. O Jacarandá brasileiro, *Dalbergia brasiliensis*, não apresentou nodulação espontânea nos viveiros da Embrapa Florestas, em Colombo, Paraná (CARVALHO, 2004).

O desenvolvimento inicial de *D. cearensis* sob diferentes condições de luminosidade, em viveiro, revelou que suas plantas jovens alocam mais recursos para a parte subterrânea quando expostas ao pleno sol. Por outro lado, quando suas plantas jovens são sombreadas apresentam maior crescimento da parte aérea.



#### **4.5 Agradecimentos**

Os autores agradecem aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, Senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a coleta de sementes para a realização da pesquisa na área da Unidade de Conservação. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

## Referências

- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p.149-153, 1981.
- BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p.288-307, 2006.
- BORCHERT, R. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 65-80, 1996.
- CARVALHO, A.M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, n.1, p.87-109, 1997.
- CARVALHO, P.E.R. Jacarandá – *Dalbergia brasiliensis*. Paraná, **Circular Técnica** nº 98, Embrapa, 2004.
- CLAUSSEN, J.W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v. 80, n. 1-3, p. 245-255, 1996.
- COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n.2, p. 237-247, 2007.
- DEVKOTA, A.; JHA, P. K. Effects of different light levels on the growth traits and yield of *Centella asiatica*. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 5, n. 4, p. 226-230, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2001**. Fortaleza, Documentos 61, Embrapa, 2002. 28p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados climatológicos: Estação de Quixadá, 2003**. Fortaleza, Documentos 88, Embrapa, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L.F.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C.; RESENDE, A.V.; NOGUEIRA, M.V.P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. Var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.22, n.2 (suplemento), p.297-301, 1999.

GASQUE, M.; GARCÍA-FAYOS, P. Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid Mediterranean areas. **Forest Ecology and Management**, v.189, n.1-3, p. 251-261, 2004.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 82, n. 1-3, p. 33-48, 1996.

GIERSCH, C.; ROBINSON, S.P. Effects of photoinhibition on photosynthetic carbon metabolism in intact isolated spinach chloroplasts. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 439-449, 1987.

GRIME, J. P. Shade tolerance in flowering plants. **Nature**, v. 208, n. 5006, p. 161-163, 1965.

GRIZ, L. M .S.; MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n.2, p. 303-321, 2001.

HUANTE, P.; RINCÓN, E. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rates. **Oecologia**, v.113, n.1, p. 53-66, 1997.

JEFFERSON, L.V.; PENNACCHIO, M. The impact of shade on establishment of shrubs adapted to the high light irradiation of semi-arid environments. **Journal of Arid Environments**, v.63, n.4, p.706-716, 2005.

JURADO, E.; AGUIRRE, O.; FLORES, J.; NAVAR, J.; VILLALON, H.; WESTER, D. Germination in Tamaulipan thornscrub of Northeastern Mexico. **Journal of Arid Environments**, v.46, n.4, p. 413-424, 2000.

JURADO, E.; NAVAR, J.; VILLALÓN, H.; PANDO, M. Germination associated with season and sunlight for Tamaulipan thornscrub plants in north-eastern Mexico. **Journal of Arid Environments**, v.49, n.4, p.833-841, 2001.

JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T.S. Phenology of Tree Species in Bolivian Dry Forests. **Biotropica**, v. 32, n.2, p. 276-281, 2000.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de La tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948.478p.

KOZLOWSKI, T. T. **Tree growth**. New York: The Ronald Press, 1962. p. 149-170.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER ,P.J.; PALTARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego. Acad. Press.1991

LAMAIRE, G.; MILLARD, P. An ecophysiological approach to modeling resource fluxes in competing plants. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.330, p. 15-28, 1999.

LLORET, F.; CASANOVAS, C.; PEÑUELAS, J. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. **Functional Ecology**, v.13, p. 210-216, 1999.

LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.74, n.11, p.1363-1373, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa : Instituto Plantarum. 2009.v.3.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and – shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, n.2, p. 311-325, 2009.

MARTINS, R. C. C.; FELFILI, J.M.; MARTINS, I. S. Crescimento inicial de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* Benth. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**. Brasília, v.15, p. 47-58, 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. IBGE-SUPREN (Fundação IBGE-SUPREN, Recursos Naturais e Meio Ambiente), Rio de Janeiro, 1989

NOGUEIRA, F. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n.4, p.978-985, 2010.

POPMA, J.; BONGERS, F. The effect of canopy gaps on growth and morphology of seedlings of rain forest species. **Oecologia**, v.75, p. 625-632, 1988.

PONS, T.L. Seed responses to light. In: FENNER, M. (Ed.) **The ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. p. 237 – 260.

POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, p. 595-607, 2000.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v.18, n.2, p. 351-358, 2004.

RAY, G.J.; BROWN, B.J. Restoring Caribbean dry forests: Evaluation of tree propagation techniques. **Restoration Ecology**, v.3, p. 86-94, 1995.

REIS, A. C. S. Clima da Caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.329-335, 1976.

RIZZINI, Carlos Toledo. **Árvores e madeiras úteis do Brasil – manual de dendrologia brasileira**. 3ª. Reimpressão, 2ª. Edição. Porto Alegre: Editora Edgard Blucher Ltda, 1978. 296p.

RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.R.V.; THOMAS, W.W. Do the seasonal forests in northeastern Brazil represent a single floristic unit? **Brazilian Journal of Biology**, v.68, n.3, p. 467-475, 2008.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian caatinga. In: S.H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina, **Seasonally dry tropical forests**. University Press. Cambridge, p. 35-63, 1995.

SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; VALLADARES, F.; ZAVALA, M.A. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. **New Phytologist**, v.170, p.795-806, 2006.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 2nd ed., San Francisco: W.H. Freeman and Company. 1981. 859p.

SPSS.2007. Statistical Package for the Social Sciences. Chicago, Statistical Product and Service Solutions Inc.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande- PB, v.11, n.3, p.307-311, 2007.

VALLADARES, F.; SKILLMAN, J.B.; PAERCY, R.W. Convergence in light capture efficiencies among tropical forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. **American Journal of Botany**, v.89, n.8, p. 1275-1284, 2002.

## Capítulo 5

**NOGUEIRA, F.C.B.; PACHECO FILHO, A.J.S.; GALLÃO, M.I.; MEDEIROS FILHO, S. Fenologia de *Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae) em um fragmento de floresta estacional, semiárido do Nordeste, Brasil. Manuscrito submetido à Revista Trees, em 23/11/2011.**

## **CAPÍTULO 5: FENOLOGIA DE *Dalbergia cearensis* Ducke (FABACEAE) EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL, SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL**

### **RESUMO**

Em geral, a duração e intensidade da seca em florestas estacionais de regiões tropicais determinam a periodicidade das fenofases (floração, frutificação e mudança foliar), pois em baixas latitudes há pouca variação anual da temperatura e do fotoperíodo. Esse estudo registra a fenologia da queda foliar, incisão, floração e frutificação em 32 indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke. Estes foram amostrados a cada 15 dias em 2009-10 e 2010-11 na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, situada no de Quixadá município, Ceará, semiárido brasileiro. A frequência de ocorrência das fenofases foi relacionada com os elementos do clima (precipitação pluviométrica média mensal, temperatura média mensal, insolação média mensal e disponibilidade hídrica no solo). A incisão foliar mostrou correlação positiva com a precipitação média para os dois períodos em estudo, mas o mesmo não ocorreu com a disponibilidade hídrica no solo que somente mostrou relação positiva no segundo período. A queda foliar apresentou correlação negativa com a precipitação média para os dois períodos em estudo, enquanto a disponibilidade hídrica apresentou correlação negativa com a queda foliar apenas no segundo período. A floração e frutificação não se correlacionaram com a precipitação, porém a disponibilidade hídrica no solo e frutos maduros apresentaram correlação negativa para os dois períodos. A fenologia vegetativa, queda e brotamento de novas folhas, acompanhou a sazonalidade da precipitação pluviométrica durante a estação seca e chuvosa. A floração e frutificação ocorreram no início das chuvas e os diásporos de *D. cearensis* são dispersos o ano inteiro após se desprenderem lentamente das panículas axilares compactas.

**Palavras-chave:** Caatinga, deciduidade, estacionalidade, fenofases.



## 5.1 Introdução

Nas regiões onde os períodos secos e úmidos se alternam, o desencadeamento dos eventos fenológicos é afetado pela periodicidade das chuvas e disponibilidade de água no solo (PAVÓN; BRIONES, 2001; JOLLY; RUNNING, 2004; SINGH; KUSHWAHA, 2005). Nessas regiões, os estudos que procuram explicar os padrões fenológicos das espécies vegetais são particularmente importantes, sobretudo para entender as como florestas secas funcionam, pois nelas as secas sazonais são muito mais pronunciadas do que as que ocorrem em florestas não sazonais (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000).

Em geral, a estrutura e o funcionamento de florestas secas são influenciados pela disponibilidade hídrica sazonal: a incisão foliar ocorre um pouco antes e no início da estação chuvosa; a floração e frutificação ocorrem durante e ao final da estação seca, ao passo que o aumento da abscisão foliar correlaciona-se positivamente com o início da estação seca (REICH; BORCHERT, 1982; REICH; BORCHERT, 1984; JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000). No entanto, esse não é o padrão predominante em regiões marcadas pela estacionalidade climática, especialmente nos locais onde a disponibilidade hídrica é maior, tal qual em margens de riachos e rios. Há espécies lenhosas, em regiões semiáridas, que a abscisão foliar ocorre ao final da estação chuvosa, enquanto outras espécies mantêm suas folhas durante a estação seca, resultando em padrões arbóreos diferenciados no tempo e espaço (MACHADO; BARROS; SAMPAIO, 1997, BORCHERT; RIVERA; HAGNAUER, 2002).

Esses diferentes padrões fenológicos presentes em florestas sazonais se manifestam por meio das estratégias adaptativas adotadas pelas plantas com relação ao consumo e controle da perda de água (HOLBROOK; WHITBECK; MOONEY, 1995). Geralmente, nessas regiões as árvores exibem crescimento periódico e sazonal imposto pela sazonalidade do clima. A curta estação chuvosa representa para a maioria das espécies vegetais a retomada do crescimento, pois a água nesse período é abundante e os nutrientes do solo podem ser prontamente absorvidos pelas raízes (GRIZ; MACHADO, 2001). Por outro lado, a maioria das espécies arbóreas perde folhas na seca sazonal, para evitar a transpiração, e rebrotam logo nas primeiras chuvas (REICH, BORCHERT, 1984; BULLOCK; SOLIS-MAGALLANES, 1990). Nessas regiões, os padrões de floração e frutificação são complexos, com a floração ocorrendo no início da estação das chuvas, seguida pela frutificação (MACHADO; BARROS; SAMPAIO, 1997). Quanto a estratégia reprodutiva, predomina a produção de frutos secos,

anemocóricos, com sementes pequenas, ortodoxas, com diásporos dispersos durante a seca (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000; GRIZ; MACHADO, 2001).

A duração e intensidade da seca, especialmente em florestas decíduas de regiões tropicais, determinam a periodicidade das fenofases (floração, frutificação e mudança foliar), pois em baixas latitudes há pouca variação anual da temperatura e do fotoperíodo (REICH; BORCHERT, 1982; BORCHERT, 1996, BORCHERT *et al.*, 2005). Aliadas às características intrínsecas das plantas, as variações climáticas também exercem influência sobre a periodicidade pela qual os eventos fenológicos se manifestam (FOURNIER, 1974). Por isso, compreender o comportamento sazonal das fenofases servirá para entender a regeneração, a reprodução, a organização temporal dos recursos das populações vegetais nessas regiões marcadas pela sazonalidade hídrica do clima (SILVERTOWN, 1980; KELLY; SORK, 2002; ROCHA; VÍLCHEZ; ANCHETTA, 2006).

O semi-árido do Nordeste brasileiro encontra-se inserido na posição subequatorial (baixa latitude tropical), apresenta média de temperaturas mensais entre 23-27°C, com menos de 5°C de variação mensal e 5-10°C de variação diária (SAMPAIO, 1995) e possui um padrão de distribuição de chuvas bastante irregular no tempo e espaço (NIMER, 1989). Essas características ambientais são semelhantes àquelas das demais regiões localizadas em baixas latitudes expostas à temperatura e fotoperíodos constantes (REICH; BORCHERT, 1982; BORCHERT, 1996, BORCHERT *et al.*, 2005). Além disso, é uma região que apresenta déficit hídrico durante grande parte do ano, e pelo fato da intensidade do déficit variar muito, a fisionomia da vegetação e a flora locais podem variar (SAMPAIO, 1995). Neste contexto, onde a restrição hídrica sazonal representa o fator ambiental mais marcante dessa região, esperamos que a fenologia da espécie *Dalbergia cearensis* Ducke, endêmica, possa expressar os efeitos da seca sazonal na oferta de recursos local (flores, frutos e folhas), através da sazonalidade de seus padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos, em anos consecutivos com disponibilidade hídrica diferente, abaixo e acima da média histórica.

Esperamos que a fenologia vegetativa e reprodutiva da espécie focal acompanhe a sazonalidade da precipitação pluviométrica durante a estação seca e chuvosa. Semelhante ao que foi descrito por Lorenzi (2009), esperamos que a queda foliar da espécie focal ocorra no início da estação seca e o brotamento de novas folhas apareça com as primeiras chuvas. Quanto à estratégia reprodutiva, presumimos que a floração e frutificação aconteçam no período de chuvas e a dispersão dos frutos no período seco (LORENZI, 2009). Para testar estas previsões o padrão fenológico da espécie *Dalbergia cearensis* foi correlacionado com a precipitação pluviométrica, insolação, temperatura e disponibilidade hídrica no solo.

## 5.2 Material e métodos

### 5.2.1 Localização e caracterização ambiental da área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de 300 ha da floresta xerófila espinhosa na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Fazenda Não me Deixes (4°49'34" S, 38°58'9" W e 210 m de altitude), município de Quixadá, estado do Ceará, nordeste do Brasil. O clima é Aw' de Köppen (1948). Trata-se da região pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18 °C e precipitação do mês mais seco menor que 30 mm, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono (EMBRAPA, 2004). A temperatura anual média é de 27,2 °C, a média das máximas 32,4 °C e a média das mínimas 22,3 °C; na estação chuvosa (janeiro-maio) chove mais de 75 mm mensais, concentrando 85% do total anual; na estação seca (junho a dezembro) chove menos que 51 mm mensais. A insolação anual é de 3.143,8 h, com a menor registrada em março (216,5 h/mês) e a maior em outubro (368,1 h/mês) (EMBRAPA, 2004).

O índice pluviométrico 1.189,80 mm foi elevado em 2009, mas em 2010 foi baixo (501,9 mm), comparado aos 863,4 mm da média histórica registrada entre 1980 e 2003 (EMBRAPA, 2004). A temperatura média anual em 2009 foi de 25,2°C nos meses mais frios (junho e julho) a 28,8°C em dezembro, mês mais quente. Em 2010, a temperatura média anual variou de 27,2°C em junho (mês mais frio) a 34,8°C em novembro (mês mais quente). As médias mensais de precipitação e temperatura aqui registradas foram cedidas pela Estação Lavoura Seca, localizada no município de Quixadá, pertencente à Universidade Federal do Ceará e vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia.

Para estimar a disponibilidade de água no solo para a população de *D. cearensis*, utilizamos o método do balanço hídrico. Este método consiste em quantificar a água armazenada no interior do solo, mediante o saldo do que entrou e do que saiu nas diferentes épocas do ano (D'ANGIOLELLA; VASCONCELLOS, 2003, 2004).

### 5.2.2 A espécie estudada

*Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae: Faboideae) é uma espécie decídua endêmica da floresta xerófila espinhosa do nordeste do Brasil (CARVALHO, 1997) e pode atingir 5-8 m de altura, tendo madeira com  $1,01 \text{ g/cm}^3$  de densidade específica (LORENZI, 2009). Sua madeira é muito utilizada para a confecção de móveis de luxo e instrumentos musicais (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2009). Suas plantas não têm estruturas armazenadoras de água no caule ou na raiz, perdem as folhas no início da estação seca, permanecem decíduas por quatro a seis meses e emitem novas folhas e florescem no início da estação chuvosa e seus frutos amadurecem no início da estação seca (LORENZI, 2009). Suas sementes apresentam alto percentual de germinação (70%), que tem início a partir do terceiro dia após a sementeira e produzem plântulas do tipo fanero-epígeo-armazenadoras (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

### 5.2.3 Coleta dos dados fenológicos

Selecionou-se 32 indivíduos adultos de *Dalbergia cearensis* distribuídos em aproximadamente 8,0 hectares na área da RPPN. Este número foi o triplo do proposto por Fournier e Charpentier (1975) para esse tipo de amostragem. Os critérios de escolha dos indivíduos foram ausência aparente de doenças e infestações de parasitas, diâmetro à altura do peito  $\geq 10$  cm e copa totalmente visível. Cada indivíduo recebeu uma placa de identificação de plástico numerada. As coletas e observações fenológicas foram realizadas quinzenalmente entre maio de 2009 a abril de 2011.

Registrou-se o início e término da floração, frutificação, abscisão foliar e brotamento. Para estimar a intensidade das fenofases em cada indivíduo utilizou-se o método proposto por Fournier (1974). O método consiste em estabelecer escalas intervalares semi-quantitativas de cinco categorias (0 a 4), com intervalos de 25% entre cada categoria: zero = ausência de fenofase, 1 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 1% a 25%, 2 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 26% a 50%, 3 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 51% a 75% e 4 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 76% a 100%. Na definição da duração das fenofases, a floração de no mínimo um indivíduo correspondeu apenas ao período com presença de flores, sem distinção entre botão floral e flor aberta; a duração da frutificação foi caracterizada como o período em que as árvores apresentaram frutos verdes imaturos, maduros de cor amarela a cinza claro e escuro

e prontos para dispersão; a duração do brotamento foi registrada a partir do aparecimento de novas folhas; e abscisão, quando as folhas mudaram de cor e se desprendiam dos galhos com facilidade. A intensidade determinada por meio do índice Fournier (1974) permite que os picos fenológicos sejam mais evidentes.

Para avaliar a porcentagem de indivíduos em cada fenofase ou índice de atividade seguiu-se Bencke e Morellato (2002). Esta metodologia permite avaliar a sincronia dos eventos fenológicos entre os indivíduos da população. Evento fenológico assincrônico foi aquele caracterizado por meio da ocorrência de menos de 20% de indivíduos em determinada fenofase; baixa sincronia quando 20 a 60% de indivíduos apresentavam-se em certa fenofase e alta sincronia acima de 60% dos indivíduos.

#### ***5.2.4 Testes de distribuição e correlação entre variáveis ambientais e fenologia***

Antes de se investigar a influência dos fatores climáticos sobre a fenologia dos indivíduos aplicou-se o teste não-paramétrico de Shapiro e Wilks (ZAR, 1996) para verificar a hipótese de normalidade. A porcentagem de indivíduos em cada fenofase foi relacionada à precipitação pluviométrica média mensal, insolação média mensal, temperatura média mensal e disponibilidade hídrica no solo por meio da correlação de Spearman ( $r_s$ ) (ZAR, 1996). Os testes estatísticos foram processados no software SPSS 14.0 for Windows (SPSS, 2007).

#### ***5.2.5 Distribuição de frequências***

Utilizou-se estatística circular para analisar como as distribuições de frequências dos 32 indivíduos de *D. cearensis* ocorriam em cada fenofase e período de observação. Primeiramente os meses foram convertidos em ângulos, de acordo com o número de coleta dos dados. Por exemplo, como no período entre maio de 2009 a abril de 2010 foram realizadas 23 coletas, dividiu-se o ângulo circular de  $360^\circ$  por 23, gerando ângulos de  $15,65^\circ$ . Deste modo, calculou-se a frequência de ocorrência dos indivíduos em cada fenofase em cada ângulo. As seguintes variáveis foram estimadas para cada fenofase e em cada ano: ângulo médio ( $\mu$ - ângulo médio), a dispersão angular (variância angular), limites de confiança da

distribuição de frequência e o vetor ( $r$  - uma medida de concentração dos dados ao redor do ângulo médio). Como as análises foram realizadas em ângulos, esses valores foram convertidos em dia, de modo que cada dia equivale aproximadamente  $0,99^\circ$  (primeiro de maio).

A análise de estatística circular possibilita testar o efeito da estacionalidade sobre a fenologia. Para tal, foram analisados o  $\mu$  e o  $Z$ . O ângulo médio ( $\mu$ ) é o período do ano em torno da qual uma determinada fenofase ocorreu na maioria dos indivíduos. O teste de Rayleigh ( $Z$ ) determina o nível de significância do ângulo médio. A hipótese nula é a de que os dados são distribuídos uniformemente ou casualizados ao longo do ano (ou do círculo), ou seja, não há efeito da estacionalidade sobre a fenofase. A hipótese alternativa é a de que os dados não são distribuídos aleatoriamente ao longo do ano, isto é, há um ângulo médio significativo e, portanto, há efeito da estacionalidade. Caso a hipótese alternativa seja aceita, a intensidade da concentração ( $r$ ) ao redor do ângulo pode ser considerada como uma medida da magnitude do efeito da estacionalidade sobre a fenologia. Dessa forma,  $r$  varia de 0 (a atividade fenológica é distribuída uniformemente ao longo do ano) a 1 (a atividade fenológica é concentrada em um período do ano).

### 5.3 Resultados

A porcentagem mensal de ocorrência dos indivíduos em cada fenofase e as médias mensais de precipitação pluviométrica, insolação média mensal, temperatura média mensal e disponibilidade hídrica no solo estão representadas nas Figuras 13 a 20.

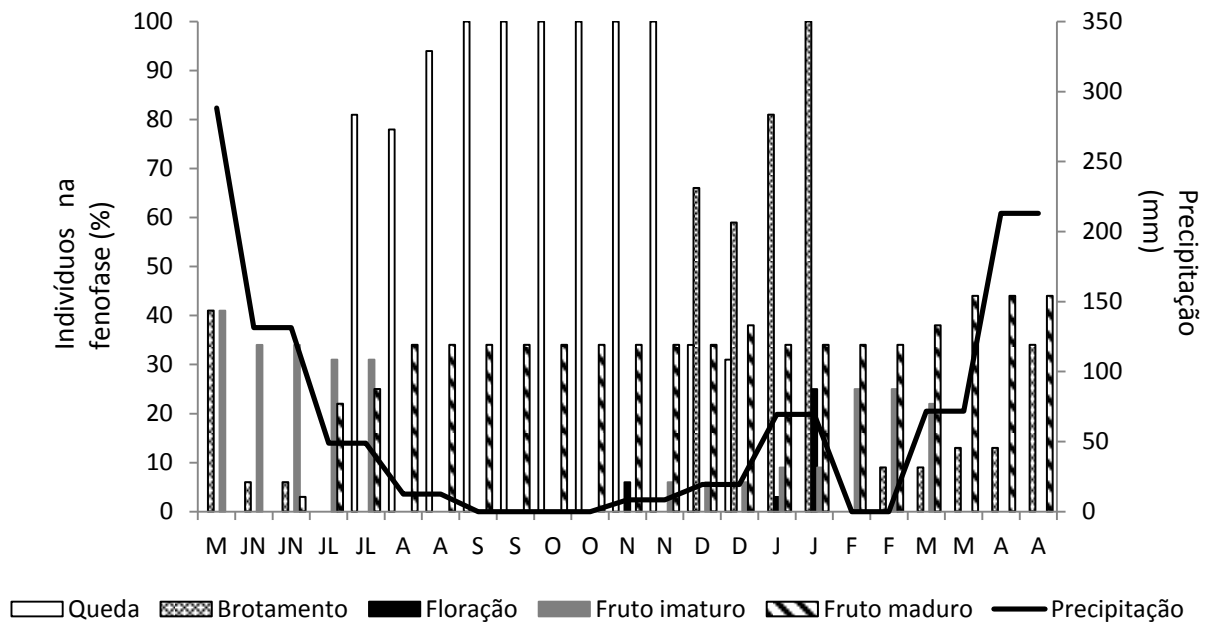


Figura 13 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da precipitação média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.

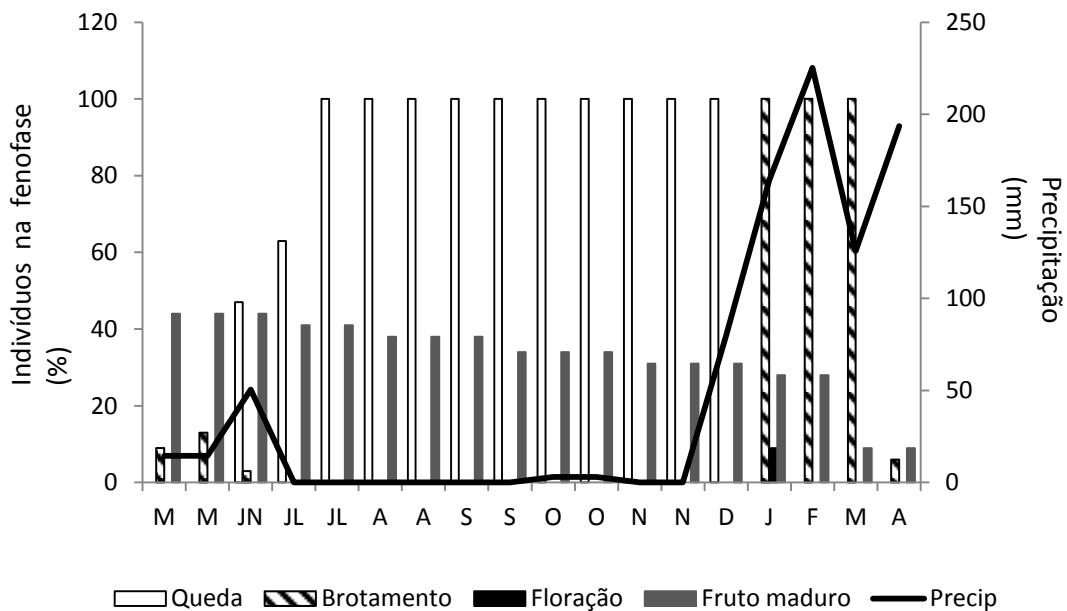


Figura 14 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da precipitação média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.

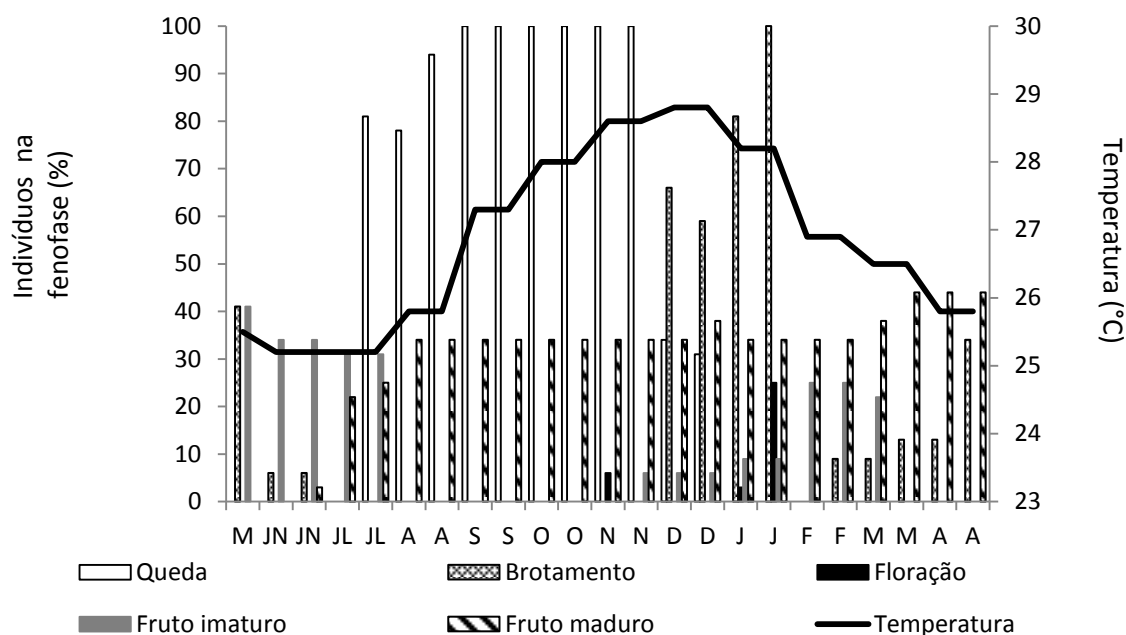


Figura 15 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da temperatura média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.

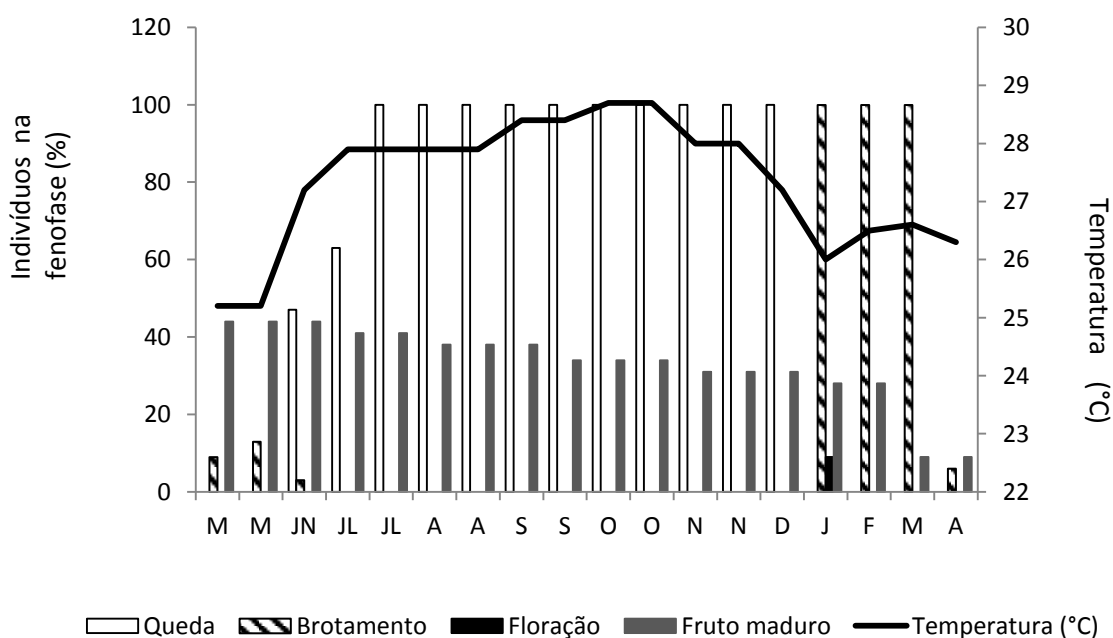


Figura 16 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da temperatura média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.



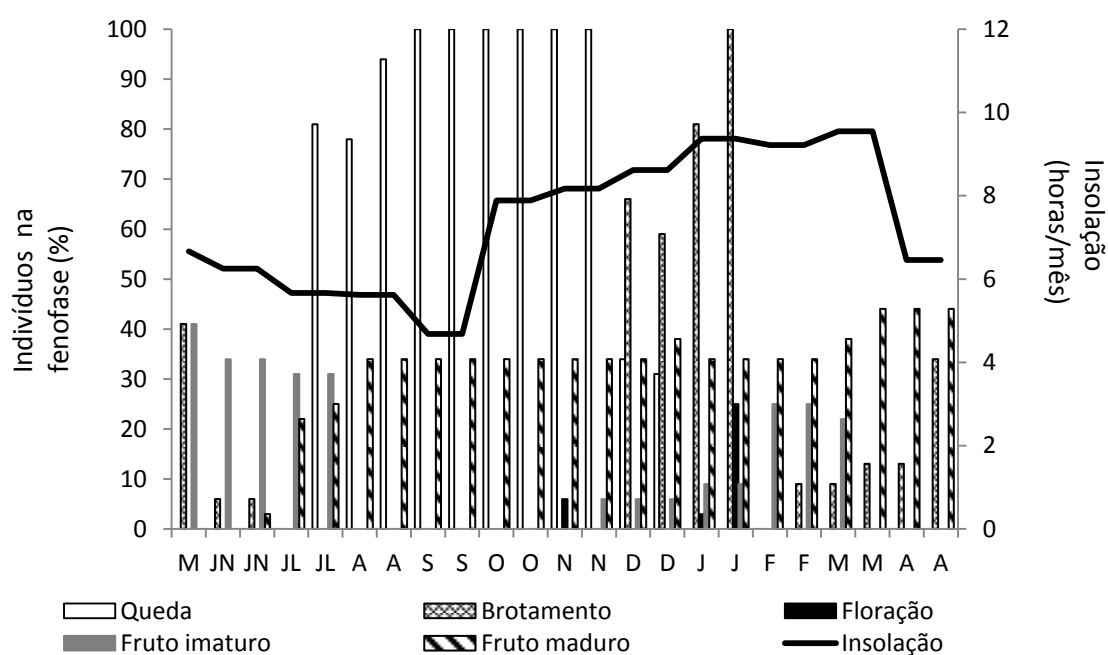


Figura 17 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da insolação média mensal para o período de maio de 2009 a abril de 2010.

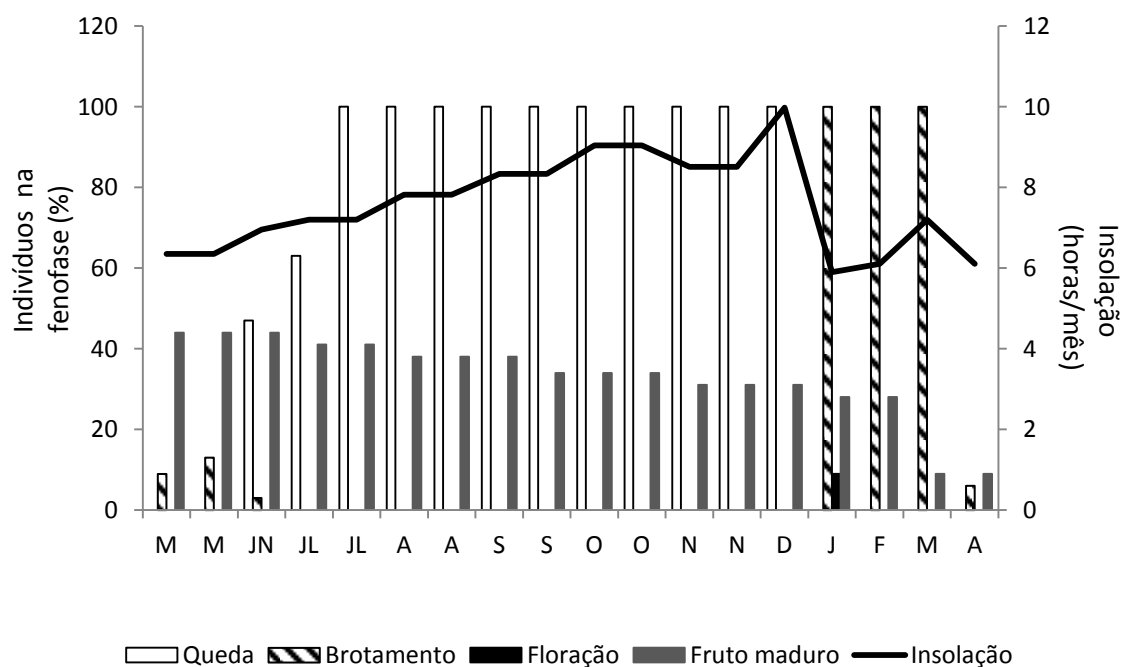


Figura 18 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da insolação média mensal para o período de maio de 2010 a abril de 2011.

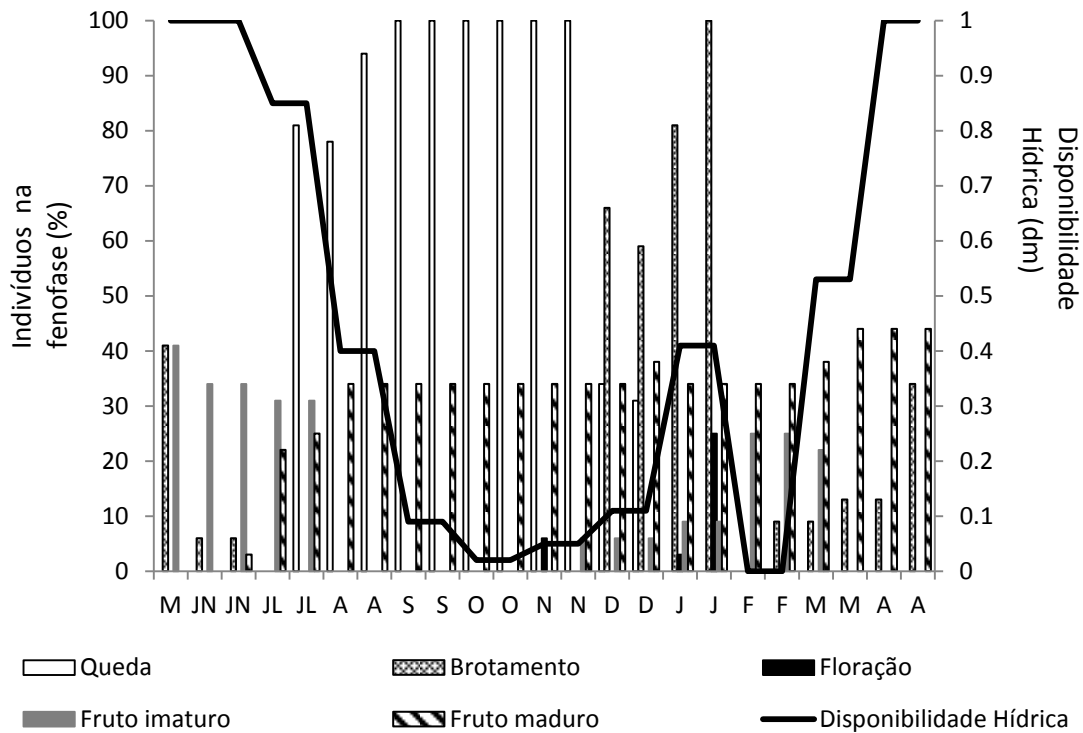


Figura 19 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da disponibilidade hídrica do solo para o período de maio de 2009 a abril de 2010.

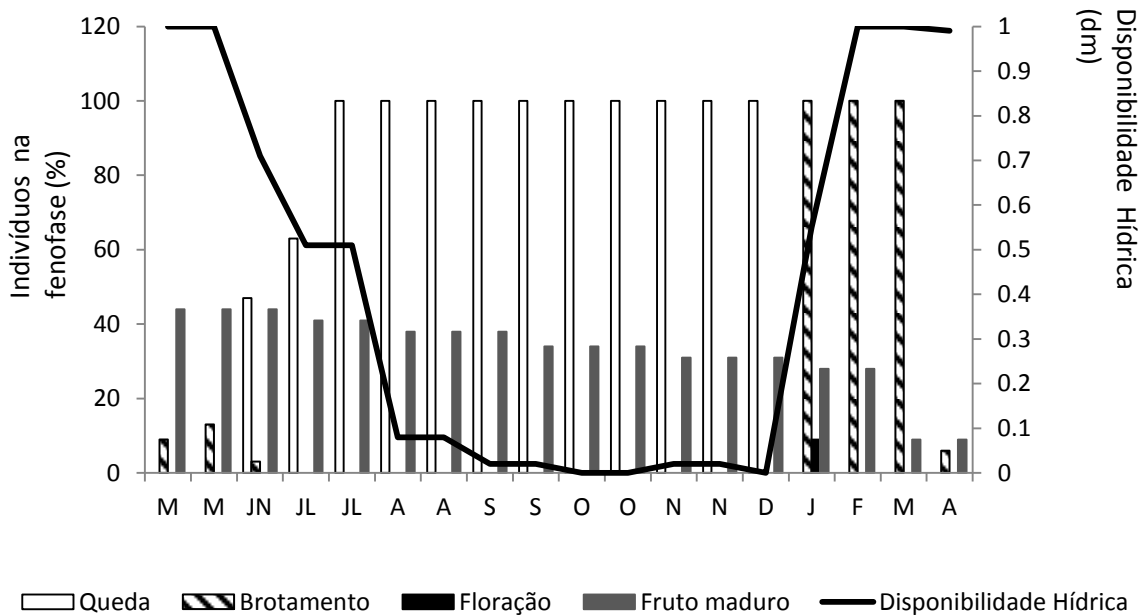


Figura 20 – Indivíduos de *Dalbergia cearensis* Ducke nas fenofases queda de folhas, brotamento, floração e fruto maduro na Unidade de Conservação de Uso Sustentável “Fazenda Não me Deixes”, localizada no município de Quixadá, Ceará e o gráfico da disponibilidade hídrica do solo para o período de maio de 2010 a abril de 2011.

### 5.3.1 Abscisão foliar

A abscisão foliar não ocorreu sincronicamente entre maio e primeira quinzena de julho e entre janeiro a abril. No entanto, foi alta a sincronicidade a partir da segunda quinzena de julho até a segunda quinzena de novembro. No mês de dezembro houve baixa sincronia. O mês de maio e os meses de janeiro até abril foram assincrônicos. Todavia, a população apresentou alta sincronia a partir da segunda quinzena de julho até dezembro, mas nos demais meses houve baixa sincronia.

O pico da abscisão foliar (95,31%) ocorreu em novembro de 2009-10, porém em 2010-11 as maiores intensidades (100%) ocorreram entre setembro e dezembro. Em 2009-10 essa fenofase correlacionou-se negativamente com a precipitação média mensal ( $r_s = -0,699$ ;  $p < 0,001$ ) e positivamente com a temperatura média mensal ( $r_s = 0,451$ ;  $p < 0,05$ ). No entanto, a insolação média mensal ( $r_s = -0,381$ ;  $p > 0,05$ ) e disponibilidade hídrica ( $r_s = -0,191$ ;  $p > 0,05$ ) não se correlacionaram com a queda foliar. Em 2010-11 a precipitação média mensal ( $r_s = -0,765$ ;  $p < 0,001$ ) e a disponibilidade hídrica no solo ( $r_s = -0,653$ ;  $p < 0,05$ ) correlacionaram-se negativamente com a queda foliar, porém a queda foliar foi positivamente correlacionada com a temperatura média mensal ( $r_s = 0,871$ ;  $p < 0,001$ ) e a insolação média mensal ( $r_s = 0,831$ ;  $p < 0,001$ ).

O comprimento do vetor médio para os dois períodos de estudo foi de 0,58 para 2009-10 ( $p < 0,001$ ) e 0,64 para 2010-11 ( $p < 0,001$ ) o que significa uma estacionalidade média para a ocorrência da abscisão foliar (Tabela 15).

Tabela 15 – Estatística circular das fenofases em *Dalbergia cearensis* Ducke para o período de maio de 2009 a abril de 2011, na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Fazenda Não me Deixe, localizada no município de Quixadá, Ceará.

Estatística circular	Queda foliar		Incisão foliar		Floração		Frutificação	
	2009-10	2010-11	2009-10	2010-11	2009-10	2010-11	2009-10	2010-11
$\mu^1$	194,34°	169,78°	291,05°	292,92°	271,92°	285°	315°	117,02°
$r^2$	0,58	0,64	0,72	0,86	1	0,97	0,07	0,28
DPC <sup>3</sup>	63,85°	53,81°	46,22°	31,27°	-	12,34°	131,95°	91,07°
Rayleigh Z	34,36	75,33	53,20	50,48	15	5,72	0,71	8,47
$p^4$	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	0,489	>0,001

<sup>1</sup> $\mu$  = ângulo médio. <sup>2</sup> $r$  = uma medida de concentração de dados em torno do ângulo médio. <sup>3</sup>DPC = Desvio padrão circular. <sup>4</sup> $p$  = nível de significância do ângulo médio (0,05).

### 5.3.2 *Incisão foliar*

Houve alta sincronia na emissão de brotos foliares em dezembro e janeiro de 2009-10. Nos demais meses ocorreu baixa ou nenhuma sincronia. Os meses de janeiro, fevereiro e março de 2010-11 foram altamente sincrônicos. Porém, houve assincronia nos demais.

O pico de brotamento foliar ocorreu em janeiro de 2009-10 (75%) e em março de 2010-11(100%). Em 2009-10 houve correlação positiva entre essa fenofase e a precipitação média mensal ( $r_s = 0,622$ ;  $p < 0,05$ ) e insolação média mensal ( $r_s = 0,502$ ;  $p < 0,05$ ). No entanto, as demais variáveis climáticas não se correlacionaram: temperatura média mensal ( $r_s = 0,124$ ;  $p > 0,05$ ) e disponibilidade hídrica no solo ( $r_s = -0,152$ ;  $p > 0,05$ ). No período 2010-11, o brotamento foliar correlacionou-se positivamente com a precipitação média mensal ( $r_s = 0,821$ ;  $p < 0,001$ ) e disponibilidade hídrica no solo ( $r_s = 0,722$ ;  $p = 0,001$ ) e negativamente com a temperatura média mensal ( $r_s = -0,826$ ;  $p < 0,001$ ) e insolação média mensal ( $r_s = -0,786$ ;  $p < 0,001$ ). O comprimento do vetor médio foi 0,72 para 2009-10 ( $p < 0,001$ ) e 0,86 para 2010-11 ( $p < 0,001$ ) o que significa uma elevada estacionalidade para a ocorrência de brotamentos foliares (Tabela 15).

### 5.3.3 *Floração*

Em ambos os anos de observação a floração manifestou-se assincrônica. No primeiro ano flores foram emitidas em novembro e janeiro. No segundo, apenas 3 indivíduos floresceram em janeiro. No entanto, antes da antese todas as flores foram abortadas.

O pico fenológico da floração (9,38%) no primeiro ano ocorreu em janeiro e no segundo (2,34%) o pico também ocorreu em janeiro. A floração em 2009-10 correlacionou-se positivamente com a temperatura média mensal ( $r_s = 0,462$ ;  $p < 0,05$ ). Porém não houve correlação com precipitação média mensal ( $r_s = 0,049$ ;  $p > 0,05$ ), insolação média mensal ( $r_s = 0,406$ ;  $p > 0,05$ ) e disponibilidade hídrica no solo ( $r_s = -0,342$ ;  $p > 0,05$ ). Em 2010-11, a floração não se correlacionou a variável climática alguma. O comprimento do vetor médio para ambos os períodos foi 1,0 para 2009-10 ( $p < 0,001$ ) e 0,97 para 2010-11 ( $p < 0,001$ ), o que significa um elevado efeito da estacionalidade sobre a ocorrência de floração (Tabela 15).

### 5.3.4 Frutificação

O evento fruto imaturo no primeiro ano foi pouco sincrônico de maio à primeira quinzena de julho e de fevereiro a março. Nos demais meses houve assincronia. Por outro lado, o evento fruto maduro foi assincrônico em maio e primeira quinzena de junho, mas nos demais meses houve pouca sincronia. No segundo ano, não ocorreu o evento fruto imaturo e a fenofase fruto maduro manteve o padrão do período anterior.

O pico fenológico do fruto imaturo (22,66%) manifestou-se na segunda quinzena de maio e primeira quinzena de junho e fruto maduro (88%) o apresentou em agosto do primeiro ano. Todavia, o pico fenológico de fruto maduro (17,97%) ocorreu em maio do segundo ano. Apesar da diminuição na intensidade de frutificação, frutos remanescentes do primeiro ano se juntaram aos produzidos no segundo, tornando impossível a distinção entre eles. Embora os frutos tenham se desenvolvido durante a estação chuvosa, a dispersão de seus propágulos indeiscentes ocorreu durante a estação seca (julho a dezembro).

Apenas a disponibilidade hídrica no solo correlacionou-se negativamente com frutos maduros, ( $r_s = -0,429$ ;  $p < 0,05$ ) e ( $r_s = -0,493$ ;  $p < 0,05$ ), respectivamente no primeiro e segundo anos. As demais variáveis não se correlacionaram a frutos maduros. O comprimento do vetor médio para o primeiro ano foi 0,07 ( $p > 0,05$ ) e para o segundo 0,28 ( $p < 0,001$ ), isto é, não houve efeito da estacionalidade na ocorrência de frutificação (Tabela 15).

## 5.4 Discussão

O padrão bianual de abscisão foliar manifestado por *D. cearensis* foi característico de espécies decíduas. A abscisão foliar exibiu alta sincronia nos meses mais secos do ano (julho a dezembro) e, para ambos os períodos estudados, correlacionou-se positivamente à ausência de precipitação e escassez de água no solo. Apesar da disponibilidade hídrica no primeiro ano não se correlacionar à queda de folhas, no segundo ano a influência do estresse hídrico, representado pela correlação negativa com a disponibilidade hídrica e com a precipitação nos dois períodos estudados, sugere a possibilidade de que a precipitação e a disponibilidade hídrica no solo sejam os desencadeadores da queda foliar. Bullock e Solís-Magallanes (1990) encontraram um padrão semelhante de queda de folhas influenciado pelas chuvas em floresta

decídua no México. Na Bolívia, em floresta tropical seca, os meses mais secos do ano foram relacionados com o pico de queda das folhas da vegetação (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000). Porém, um padrão de abscisão foliar diferente foi observado em *Dalbergia retusa* que ocorre em solos rasos sujeitos à seca na floresta semi-decídua de Guanacaste, Costa Rica. Nesse ambiente, a espécie em questão apresentou padrão breve decíduo, pois formou novas folhas durante a estação seca (BORCHERT; RIVERA; HAGNAUER, 2002).

No entanto, a abscisão foliar, em ambientes fortemente marcados pela sazonalidade climática, independe das chuvas, mas sim da variação hídrica dos solos que torna a água disponível por diferentes períodos em microambientes distintos (JOLLY; RUNNING, 2004). Se por um lado, a abscisão foliar proporciona uma economia hídrica para as plantas no período seco, por outro, ela acarreta a perda de nutrientes. Essa demanda conflitante entre a economia de água e a perda de nutrientes é acentuada em solos ricos em nutrientes, nos quais as plantas podem facilmente obter os nutrientes que foram perdidos devido à abscisão foliar (JARAMILLO; SANFORD, 1995). Essa influência da disponibilidade de nutrientes no solo não se restringe apenas à fenologia vegetativa da queda foliar, pois todo o ciclo reprodutivo das plantas pode ser afetado pela quantidade de nutrientes disponíveis no solo (ZAGT, 1997).

A intensidade de abscisão foliar na vegetação de caatinga pode variar entre as espécies que mantêm suas folhas durante o período seco e as que permanecem sem folhas durante seis meses do ano (MACHADO; BARROS; SAMPAIO, 1997). Essa amplitude de deciduidade é um padrão já detectado em outras florestas tropicais que crescem sob clima estacional (BULLOCK; SOLÍS-MAGALLANES, 1990; BORCHERT; RIVERA; HAGNAUER, 2002; SING; KUSHWAHA, 2005). Em geral, espécies florestais tropicais são decíduas ou sempre-verdes em decorrência da intensidade de seca sazonal e do potencial de reidratação e controle da perda d'água (REICH; BORCHERT, 1984).

A taxa de queda de folhas durante o início da estação seca na floresta tropical semidecídua de Guanacaste, Costa Rica foi fortemente correlacionada com o declínio da umidade do solo e aumento do estresse hídrico na planta (REICH; BORCHERT, 1984). O início da estação seca em ambientes marcados pela sazonalidade climática condiciona a queda de folhas provavelmente devido ao aumento da demanda na evaporação e maior retirada de água do subsolo pelas raízes (BORCHERT, RIVERA, HAGNAUER, 2002).

Há espécies da vegetação de caatinga que lançam novas folhas antes da estação chuvosa, porque foram influenciadas por meio da ocorrência de chuvas esporádicas (MACHADO; BARROS; SAMPAIO, 1997). Observamos que *Dalbergia cearensis* emitiu

brotos foliares quando as chuvas se anteciparam e caíram nos meses secos (Novembro e Dezembro). Este tipo de padrão foi observado para outras espécies de florestas secas sob estacionalidade climática (BULLOCK; SOLÍS-MAGALLANES, 1990; YADAV; YADAV, 2008).

A produção de novas folhas ao final da estação seca e início das chuvas foi também registrada em diversos estudos realizados em florestas tropicais secas (SINGH; KUSHWAHA, 2005; ELLIOT; BAKER; BORCHERT, 2006; YADAV; YADAV, 2008). A maioria das espécies decíduas das florestas secas na Tailândia e Índia produziu novas folhas entre um a dois meses antes das chuvas de monção, durante o período mais seco e quente do ano, em torno do equinócio de primavera (ELLIOT; BAKER; BORCHERT, 2006). Estes autores sugerem que a produção de nova folhagem um pouco antes da estação chuvosa pode otimizar ganhos em fotoassimilados para árvores em florestas secas que têm uma estação favorável ao crescimento de curta duração

A incisão foliar em *D. cearensis* mostrou relação positiva com a precipitação para os dois períodos, além da alta densidade de sua madeira. Esta fenofase em plantas de florestas tropicais secas correlacionou-se à ocorrência de chuvas (BULLOCK; SOLÍS-MAGALLANES, 1990) e à disponibilidade de água no solo (BORCHERT, 1994a; BORCHERT, 1994b).

O alto índice de precipitação pluviométrica registrado em 2009 deve ter contribuído para a floração observada em janeiro de 2010; considerada alta se comparada à de janeiro de 2011, que foi influenciada pelas poucas chuvas ocorridas em 2010. No entanto, a floração e frutificação de espécies arbóreas não seguem um ciclo anual previsível. Há anos nos quais ocorrem elevada produção de sementes viáveis seguidos por anos em que as árvores são estéreis ou produzem uma quantidade mínima de flores e frutos (KELLY; SORK, 2002; ROCHA; VÍLCHEZ; ANCHETTA, 2006). É possível que a floração esteja mais sob a influência de variáveis bióticas. Algumas espécies sincronizam suas floradas às demais espécies da vegetação (ISAGI *et al.*, 1997). De modo semelhante, diferentes indivíduos arbóreos da mesma espécie tendem a sincronizar sua reprodução sem que haja influencia alguma de fatores ambientais (SATAKE; IWASA, 2000)

No entanto, a floração pode se relacionar ao nível de energia capturado pelas plantas (ISAGI *et al.*, 1997). Estes autores assumem que uma determinada árvore ganha um “quantum” de energia a cada ano e que não se reproduzirá enquanto o nível de reserva de energia permanecer abaixo de um determinado limite. Uma vez que a reserva de energia exceda este limite, a árvore floresce e pode produzir óvulos para serem fecundados por meio

de pólen de outros indivíduos. O investimento realizado em sementes e frutos produzidos a partir destes óvulos esgota a reserva de energia da árvore. Dependendo do grau de depleção de energia, uma única árvore pode mostrar tanto uma reprodução constante ao longo do ano, ou reprodução flutuante descrita por meio de uma série temporal caótica.

A curta longevidade das flores de *Dalbergia cearensis* é semelhante à das principais espécies de plantas neotropicais (PRIMACK, 1985). Este autor argumenta que o tempo de duração floral seria o resultado de uma demanda conflitante entre a perda de sua capacidade reprodutiva e o custo fisiológico de sua produção e manutenção. Nestas condições, manter flores abertas por um tempo maior implicaria em maior custo que benefício para a reprodução.

Apesar da dificuldade em se prever floração e da reserva de energia excedente para o florescimento (ISAGI *et al.*, 1997), em regiões semiáridas, a chuva pode ser um fator responsável pelo desencadeamento e espaçamento da floração (REICH; BORCHERT, 1982, 1984). O florescimento de árvores e arbustos, em vegetação tropical semiárida no Nordeste da Venezuela, ocorreu ao final da estação seca, período em que ocorrem poucas chuvas (LAMPE *et al.*, 1992). A floração e frutificação de árvores, em Floresta Tropical seca na Bolívia, apresentaram padrão bimodal, com um pico principal ao fim da estação seca e um pico menor durante a estação da chuva (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000).

*Dalbergia cearensis* apresentou pico de floração durante o período chuvoso. No México, em uma floresta decídua, a maioria das espécies floresceram no início da estação chuvosa, algumas ao fim da estação chuvosa e poucas no período seco (BULLOCK; SOLÍS-MAGALLANES, 1990). Em florestas tropicais secas ocorre distribuição bimodal da floração causada pela distribuição bimodal das chuvas, e o tempo de surgimento da floração varia de ano a ano, com a sazonalidade da precipitação (BORCHERT *et al.*, 2005).

Apesar de florescer no início das chuvas, não houve correlação entre a floração de *D. cearensis* e a precipitação, temperatura, insolação e disponibilidade hídrica no solo no segundo ano, mas no primeiro a floração correlacionou-se positivamente à temperatura. Este fato contradiz ao observado em florestas tropicais secas, nas quais a época de floração se correlaciona ao período chuvoso (BULLOCK; SOLÍS-MAGALLANES, 1990).

As sâmaras de *D. cearensis*, achatadas e indeiscentes, são dispersas o ano inteiro após desprenderem-se lentamente das panículas axilares compactas. A assincronia na dispersão dos frutos entre indivíduos de certas espécies é considerada como uma adaptação que resulta na redução de sua predação e, consquentemente aumenta a probabilidade de sucesso na germinação e recrutamento (WHEELWRIGHT, 1985).



*Dalbergia cearensis* mantém seus frutos durante todos os meses do ano, mas os frutos amadurecem ao final da estação chuvosa. No entanto, os frutos de *D. cearensis* permanecem ligados aos ramos das plantas por toda estação seca, sendo pouco a pouco dispersos. Comportamento semelhante foi registrado em espécies de vegetação semiárida no Nordeste da Venezuela (LAMPE *et al.*, 1992). Estes autores registraram a frutificação de árvores e arbustos em todos os meses do ano, porém a maturação dos frutos ocorreu apenas na estação seca e início das chuvas.

A maioria dos frutos em florestas tropicais sazonais amadurece e são dispersos pelo vento ao final da estação seca, quando a maior parte das árvores está sem folhas e os ventos são fortes (RATHCKE; LACEY, 1985). Em florestas estacionais no Panamá, 75% das espécies lenhosas germinam no início da estação chuvosa. Nestas florestas, marcadas pela sazonalidade do clima, a frutificação no início da estação chuvosa favorece a dispersão dos frutos na estação seca, a germinação das sementes e estabelecimento de plântulas no início da estação chuvosa (RATHCKE; LACEY, 1985).

## 5.5 Conclusões

A fenologia vegetativa (incisão foliar) mostrou correlação positiva com a precipitação média para os dois períodos (anos) em estudo. Entretanto, esperava-se que a incisão foliar também respondesse da mesma forma à disponibilidade hídrica, contudo isso não ocorreu para o segundo ano. Quanto à queda foliar, houve correlação negativa com a precipitação média para os dois períodos. No entanto, ela apresentou correlação negativa com a disponibilidade hídrica apenas no segundo ano. Isto ocorreu, provavelmente, em função da maior disponibilidade hídrica do solo ocasionada pelo excesso de chuvas registradas no primeiro ano. A floração e frutificação ocorreram no início das chuvas e os diásporos de *D. cearensis* são dispersos o ano inteiro após se desprenderem lentamente das panículas axilares compactas.

## 5.6 Agradecimentos

Os autores agradecem aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, Senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a realização da pesquisa na área da Unidade de Conservação. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará. Ao Professor Rogério Parentoni Martins pela valiosa crítica e sugestões a este trabalho.

## Referências

- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.3, p. 269-275, 2002.
- BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v.75, p.1437-1449, 1994a
- BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees**, v.8, p. 115-125, 1994b.
- BORCHERT, R. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 65-80, 1996.
- BORCHERT, R.; RENNER, S.S.; CALLE, Z.; NAVARRETE, D.; TYE, A.; GAUTIER, L.; SPICHIGER, R.; von HILDEBRAND, P. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature**, v.433, p. 627-629, 2005.
- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, v. 34, n.1, p. 27-39, 2002.
- BULLOCK, S. H.; SOLIS-MAGALLANES, J. A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. **Biotropica**, v. 22, n.1, p. 22-35, 1990.
- CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v.49, n.1, p.87-109, 1997.
- D'ANGIOLELLA, G.L.B.; VASCONCELOS, V.L.D. BHÍDRICO GD 4.0-2004: Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.11, n.2, p. 375-378, 2003.
- D'ANGIOLELLA, G.L.B.; VASCONCELOS, V.L.D. BHÍDRICO GD 4.0-2004: Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climático. **Revista Bahia agrícola**, v.6, n.3, 2004.

ELLIOT, S.; BAKER, P. J.; BORCHERT, R. Leaf flushing during the dry season: the paradox of Asian monsoon forests. **Global Ecology and Biogeography**, v.15, n.3, p. 248-257, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados climatológicos: Estação de Quixadá, 2003**. Fortaleza, Documentos 88, Embrapa, 2004.

FOURNIER, L. A. Um método quantitativo para La medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba**, v.24, n.4, p.422-423, 1974

FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, v.25, n.1, p. 45-48, 1975.

GRIZ, L. M .S. ; MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n.2, p. 303-321, 2001.

HOLBROOK, N.M.; WHITBECK, J.L.; MOONEY, H.A. Drought responses of Neotropical dry forest trees. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Eds.) **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1995.p. 243-276.

ISAGI, K.; SUGIMURA, K.; SUMIDA, A.; ITO, H. How does masting happen and synchronize? **Journal of Theoretical Biology**, v. 187, n.2, p.231-239,1997.

JARAMILLO, V.J; SANFORD Jr, R.L. Nutrient cycling in tropical deciduous forests. In: Bullock, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Org.) **Seasonally dry tropical forests**. New York, Cambridge,1995.p. 346-361.

JOLLY, W. M.; RUNNING, S. W. Effects of precipitation and soil water potential on drought deciduous phenology in the Kalahari. **Global Change Biology**, v. 10, n.3, p. 303-308, 2004.

JUSTINIANO, M.J.; FREDERICKSEN, T.S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v.32, n.2, p.276-281, 2000.

KELLY, D.; SORK, V.L. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? **Annual Review of Ecology and Systematics**,v. 33, p.427-447, 2002.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de La tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948.478p.

LAMPE, M.G.; BERGERON, Y.; MCNEIL, R.; LEDUC, A. Seasonal flowering and fruiting patterns in tropical semi-arid vegetation of northeastern Venezuela. **Biotropica**, v.24, n.1, p.64-76, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa : Instituto Plantarum. 2009.v.3

MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of Caatinga Species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, n.1, p. 57-68, 1997.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. IBGE-SUPREN (Fundação IBGE-SUPREN, Recursos Naturais e Meio Ambiente), Rio de Janeiro, 1989.

NOGUEIRA, F.C.B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n.4, p.978-985, 2010.

PAVÓN, N.P.; BRIONES, O. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. **Journal of Arid Environments**, v.49, n.2, p. 265-277, 2001.

PRIMACK, R. B.; HALL, P. Biodiversity and forest change in Malaysian Borneo. **Bioscience**, v.42, p. 829-837, 1992.

RATHCKE, B.; LACEY, E.P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). **Ecology**, v.63, n.2, p. 294-299, 1982.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 72, p. 61-74, 1984.

RIZZINI, Carlos Toledo. **Árvores e madeiras úteis do Brasil – manual de dendrologia brasileira**. 3ª. Reimpressão, 2ª. Edição. Porto Alegre: Editora Edgard Blucher Ltda, 1978.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian caatinga. In: S.H. Bullock, H. A. Mooney e E. Medina, **Seasonally dry tropical forests**. University Press. Cambridge, p. 35-63, 1995.

SATAKE, A., IWASA, Y. Pollen coupling of forest trees: forming synchronized and periodic reproduction out of chaos. **Journal of Theoretical Biology**, v.203, p. 63-84, 2000.

SILVERTOWN, J.W. The evolutionary ecology of mast seeding in trees. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.14, n.2, p. 235-250, 1980.

SING, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. **Current Science**, v. 89, n. 6, p. 964-975, 2005.

SPSS.2007. Statistical Package for the Social Sciences. Chicago, Statistical Product and Service Solutions Inc.

YADAV, R. K.; YADAV, A. S. Phenology of selected woody species in a tropical dry deciduous forest in Rajasthan, India. **Tropical Ecology**, v. 49, n.1, p. 25-34, 2008.

ZAGT, R.J. Pre-dispersal and early post-dispersal demography, and reproductive litter production in the tropical tree *Dicymbe altsonii* in Guyana. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n.4, p. 511-526, 1997.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Third Ed. New Jersey:Prentice-Hall, 662p. 1996.

## Capítulo 6

**NOGUEIRA, F.C.B.; BALDONI, R.N.; SILVA, T.A.S.; GALLÃO, M.I.; MEDEIROS FILHO, S.** A dispersão de sementes está relacionada com o padrão espacial de indivíduos da população? O caso da *Dalbergia cearensis* Ducke, manuscrito a ser submetido à Revista Trees.

## **CAPÍTULO 6: A DISPERSÃO DE SEMENTES ESTÁ RELACIONADA COM O PADRÃO ESPACIAL DE INDIVÍDUOS DA POPULAÇÃO? O CASO DA *Dalbergia cearensis* Ducke**

### **RESUMO**

A distribuição espacial de espécies vegetais revela como os membros de uma população organizam-se horizontalmente no ambiente. Indivíduos em diferentes estágios do desenvolvimento podem ser influenciados de forma diferente por fatores abióticos e bióticos, estando separados temporalmente, o que pode causar mudanças no padrão espacial nos estádios ontogenéticos. Os objetivos deste estudo foram verificar o padrão de distribuição espacial de plantas jovens e adultos de *Dalbergia cearensis* e relacioná-lo com a distância de dispersão de seus propágulos. Em duas áreas de 4,0 ha cada, localizadas na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Não me Deixes, foram realizadas contagens de indivíduos regenerantes e adultos para análise espacial por índices de distância, utilizando o programa SadieShell, versão 8.0. O índice Ia de agregação de adultos foi significativo para as áreas I e II e mostrou um padrão de distribuição agregado. Para indivíduos jovens, *D. cearensis* mostrou uma distribuição agregada na área I e na área II o valor de Ia revelou o esperado para padrões aleatórios. A distância de dispersão foi proporcional em ambas áreas, havendo maior proporção de sementes a 3 m de distância dos adultos mais próximos. A análise espacial por índices de distância indicou um padrão de distribuição espacial agregado para plantas jovens e adultos de *D. cearensis*. Este fato corrobora com a nossa hipótese alternativa de encontrarmos padrões não aleatórios tanto para plantas jovens como para adultos de *D. cearensis*.

**Palavras-chave:** agrupamento, distribuição espacial, manchas, SADIE, recrutamento de plantas.



## 6.1 Introdução

Padrões de distribuição de plantas revelam como os membros de uma população são dispostos horizontalmente no ambiente em que vivem e podem refletir como essas condições ocorreram no passado (KLEIJN; STEINGER, 2002). O padrão de dispersão de uma população de plantas depende da interação de dois fatores, da dispersão de sementes e da probabilidade de sobrevivência de suas plântulas (AUGSPURGER, 1983). No entanto, a quantidade de sementes dispersadas e depositadas no solo, algumas vezes, pode limitar o recrutamento. Quando isto ocorre, deve existir uma forte e positiva mortalidade por dependência da densidade como resultado da predação ou competição (NATHAN; MULLER-LANDAU, 2000).

O padrão espacial de plantas adultas depende do padrão de recrutamento, quando a mortalidade é dependente da densidade (HUTCHINGS, 2000). Além disso, a sobrevivência das plântulas recebe influência da distância da planta parental. De acordo com Janzen (1970) e Connell (1971), a mortalidade de plântulas é maior próxima à planta parental devido à pressão de predadores e patógenos. Assim, o recrutamento deve ocorrer a uma distância intermediária da planta parental. Por outro lado, Hubbell (1980) reviu este modelo e sugeriu que o número máximo de descendentes recrutados deve ser próximo da planta parental, a menos que 100% das mortes ocorram perto dela. Isso ocorre devido à maior densidade de sementes próximas à matriz. Portanto, mesmo que a mortalidade seja maior perto da matriz, o número absoluto de sobreviventes é maior.

A distribuição espacial de espécies vegetais pode se revelar uma importante ferramenta de análise ao inferir processos ecológicos envolvidos na dinâmica de populações. O padrão espacial de árvores pode ser usado para analisar características ecológicas das espécies como tolerância para germinar em condições de sombra ou luz (ARÉVALO; FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2003), interações negativas como competição (CHAPIN, MCGRAW; SHAVER, 1989), dispersão (AUGSPURGER, 1983), recrutamento de plântulas (RUSCH, 1992) ou relação entre juvenis e adultos (HE; LEGENDRE; LaFRANKIE, 1997).

Em ambientes marcados por forte sazonalidade climática, a dispersão de sementes, o banco de sementes no solo e o estabelecimento de plântulas são processos separados no tempo por pelo menos algumas semanas e mais tipicamente por alguns meses (HOULE, 1998). Este fato deixa uma grande oportunidade para os vários fatores abióticos e bióticos agirem para definir o padrão de distribuição espacial da população adulta.

A heterogeneidade espacial desempenha um importante papel, em regiões semiáridas, através de sua influência em processos de germinação de sementes e estabelecimento de plântulas. Nessas regiões, o padrão espacial de sobrevivência de plântulas torna-se fortemente agregado com manchas bem definidas (áreas de alta sobrevivência) e lacunas que representam áreas de baixa sobrevivência (MAESTRE *et al.*, 2003). Em geral, nas regiões semiáridas ocorre uma notável diversidade de padrões espaciais de acordo com as espécies e classes de tamanho. No entanto, o padrão agregado domina a maioria das distribuições monoespecíficas (COUTERON; KOKOU, 1997).

A caatinga semiárida apresenta sazonalidade climática (ANDRADE-LIMA, 1981). *Dalbergia cearensis*, família Fabaceae, é uma espécie endêmica da região semiárida do Nordeste do Brasil (CARVALHO, 1997). Assumindo que suas sementes não formam um banco de sementes persistente no solo, as sementes produzidas em determinado ano são responsáveis pelo recrutamento de plântulas na estação chuvosa subsequente. De fato, a oportunidade de recrutamento é influenciada por fatores ecológicos (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971; HUBBELL, 1980; AUGSPURGER, 1983). Estes fatores podem causar alterações no padrão espacial de estabelecimento de plântulas e afetarem a distribuição de adultos (BLEHER; BÖHNING-GAESE, 2001).

Com base nessas informações, a nossa hipótese nula é que após o recrutamento, fatores ecológicos não são suficientemente capazes de promover mudanças na distribuição espacial da população adulta de *D. cearensis*. Neste caso, se fatores ecológicos não agem no estabelecimento de plantas jovens, a distribuição espacial será semelhante nas duas etapas, com um padrão esperado de distribuição espacial aleatória tanto para plantas jovens como adultas. Caso contrário, esperamos encontrar padrões não aleatórios para a distribuição de plantas jovens e adultas de *D. cearensis* como resultado do conjunto de interações positivas representado por padrões de agregação, ou interações negativas representadas por padrões regulares de distribuição.

Os principais objetivos deste estudo foram: a) conhecer o padrão de distribuição espacial de plantas jovens e adultos de *D. cearensis* e b) e relacionar o uso do espaço por esta espécie com sua capacidade de se dispersar.

## 6.2 Material e métodos

### 6.2.1 Local de estudo

A área de estudo está incluída na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Fazenda “Não me Deixes”, no município de Quixadá, Ceará (4°49’34” S, 38°58’9” W e 210m acima do nível do mar).

O clima de Quixadá é classificado como Aw’ (Köppen,1948), isto é, clima tropical úmido com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18°C e precipitação do mês mais seco menor que 30 mm.Os dados climatológicos da área para o período de 1980 a 2003 apontam para a existência de dois períodos distintos ao longo do ano (EMBRAPA, 2004). Um período chuvoso (de janeiro a maio), marcado por mais de 75 mm de precipitação, concentrando 85,42% de precipitação anual, e um período de seca (de junho a dezembro), com pluviosidade inferior a 50,8 milímetros, o que representa 14,58% de precipitação anual.A temperatura média anual é de aproximadamente 27,2 ° C, com temperaturas máximas de 32,4 ° C e a mínima média de 22,3 ° C.

### 6.2.2 Espécie focal e coleta de dados

*Dalbergia cearensis*, Fabaceae, é uma árvore que pode chegar até 5-8 metros (LORENZI, 2009). Os frutos de *D. cearensis* se desenvolvem na estação chuvosa e são dispersos na estação seca (observação pessoal). Suas sementes não possuem dormência e a germinação começa depois do terceiro dia após a semeadura, com uma alta porcentagem de germinação (70%) (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010). Em agosto de 2011, demarcamos duas áreas (I e II) de 200 x 200 m, cada, e ambas foram divididas em subparcelas de 20 x 20 m. Essas áreas se localizam dentro da Unidade de Conservação e são locais onde encontramos a maior abundância de *D. cearensis*. Para análise da estrutura espacial, cada parcela recebeu uma coordenada x e y. Em cada subparcela, foi realizada a contagem de todos os indivíduos adultos. Todos esses adultos tinham altura maior

do que 2,50 metros. Foram consideradas como plantas jovens os indivíduos sem cotilédones e altura entre 6 e 30 cm. A ausência de indivíduos nas subparcelas foi representada por zero. Nós instalamos 10 armadilhas de sementes com uma área de 0,25 m<sup>2</sup> em cada um dos locais de amostragem, a fim de saber a quantidade de propágulos dispersos e a distância de dispersão de sementes. Contamos o número de sementes nas armadilhas e mediram a distância de cada armadilha para o adulto mais próximo.

### 6.2.3 Análise de dados

A distribuição espacial das plantas jovens e adultos de *D. cearensis* foi examinada usando Análise Espacial por índices de Distância (SADIE, PERRY 1995; PERRY, 1998; PERRY *et al.*, 1999). SADIE software usa um algoritmo que move os indivíduos de tal forma que eles encham o espaço permitido de uma forma que todos estejam espaçados uniformemente em toda a área de estudo. Uma vez feito isso, o deslocamento das plantas pode ser plotado em um gráfico de como os indivíduos passaram a se tornar regular. A distância para a regularidade ( $D_{obs}$ ) é calculada a partir de uma comparação com os arranjos iniciais e finais. Permutações aleatórias da distribuição espacial dos  $n$  pontos são posteriormente utilizados para calcular a distância a regularidade com base em uma distribuição aleatória dos indivíduos ( $Dist_{rand}$ ). Um índice de agregação,  $I_a$ , é obtido a partir da razão entre os valores observados para a distância permutada. Este índice é calculado como o número de distribuições simuladas com as distâncias superiores a  $Dist_{obs}$ . Neste caso, os valores  $I_a$  perto de 1 indicam distribuição aleatória, enquanto que os valores de  $I_a > 1$  mostram uma distribuição agregada, e  $I_a < 1$  indicam uma distribuição regular. Para uma discussão mais ampla e explicação do método, ver Perry (1995). A análise não paramétrica espacial foi realizada separadamente para plantas jovens e adultos nos dois sítios de amostragem. Estes cálculos foram feitos para cada população e para cada estágio, em todos os testes foram utilizados 30.000 permutações. Mapas dos índices de agregação foram criados com a Golden Software Surfer 8.0.

## 6.3 Resultados

Um total de 74 adultos foi encontrado em 34 das 100 subparcelas da área I. Na Área II, 16 adultos foram encontrados em 11 das 100 subparcelas. Adultos foram agregados em ambas as áreas. Os Índices de agregação (Ia) foram significativos e superiores a 1 e os índices Vi e Vj também foram significativas, com valores superiores a 1,0 para ambas as áreas (Tabela 16). Valores altos e negativos de Vj indicam que há diferenças entre agrupamentos de manchas. Valores altos e positivos de Vi indicam a existência de agrupamento de manchas (Figuras 21a e b). Os mapas mostram a distribuição das regiões escuras que representam áreas de lacuna e regiões brilhantes que representam a presença de mancha de adultos.

Das 100 parcelas amostradas na área I, foram registradas 84 plantas jovens em 22 subparcelas. Para a área II, 6 subparcelas continham 14 plantas jovens. Plantas jovens de *D. cearensis* mostraram uma distribuição agregada na área I (Ia = 1,461). Na área II o valor do Ia foi de aproximadamente 1 (Ia = 1,096), um resultado esperado para padrões aleatórios (Tabela 16). Na área I o p valor (0,0102) foi significativo para o padrão agregado, na área II este valor (p = 0,2373) não foi significativo para a hipótese de aleatoriedade. Valores altos e negativos Vj indicam que há diferenças entre manchas. Altos e positivos valores de Vi indicam a existência de manchas de agrupamento. Valores de Vi e Vj positivos e próximos da unidade indicam a existência de padrões aleatórios (Figuras 22a e b). Os mapas para as plantas jovens mostram a distribuição das áreas escuras muito mais pronunciadas do que os dos adultos, que representam áreas de abertura e áreas brilhantes representam a presença de agrupamentos.

Tabela 16 - Estrutura espacial de *D. cearensis*. Estágios, áreas amostradas, número de indivíduos (N), índice de agregação (Ia), índice de agregação para agrupamentos (Vi) e índice de agregação para clareiras (Vj).

Estágios	Áreas	N	Ia	p	Vi	P	Vj	p
Adultos	Área I	74	1,683	0,0003	1,629	0,0013	-1,691	0,0007
	Área II	16	1,442	0,0150	1,442	0,0165	-1,436	0,0160
Jovens	Área I	84	1,461	0,0102	1,495	0,0047	-1,464	0,0090
	Área II	14	1,096	0,2373	1,161	0,1532	-1,075	0,2717

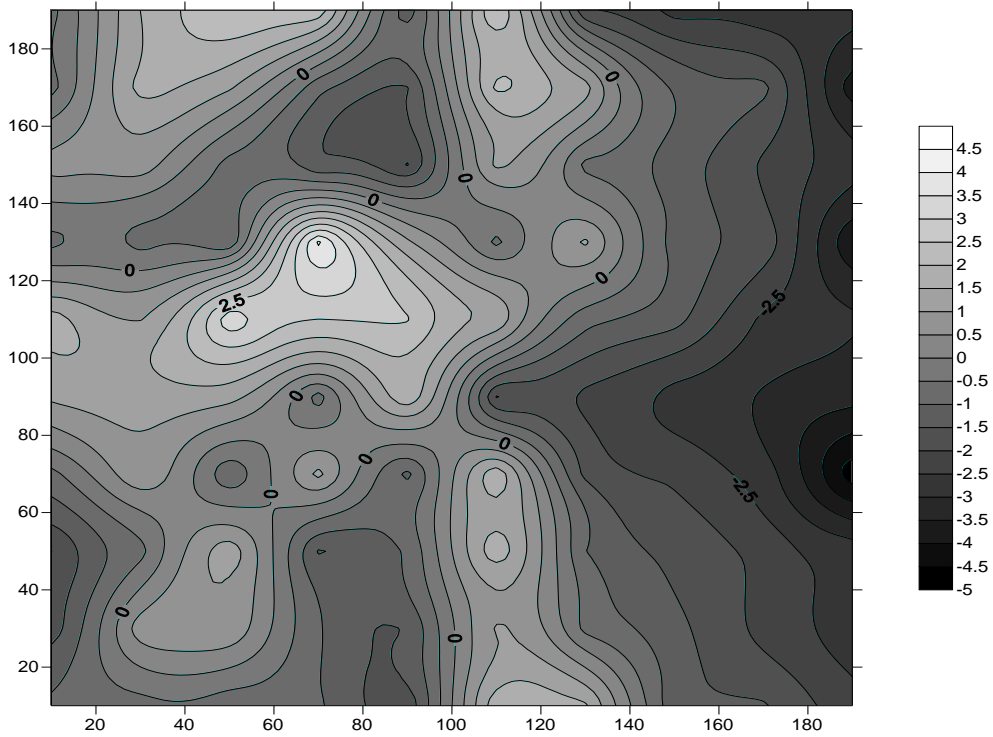


Figura 21a : Mapa do Índice de agregação (V) de plantas adultas de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área I, com área de 4,0 ha.

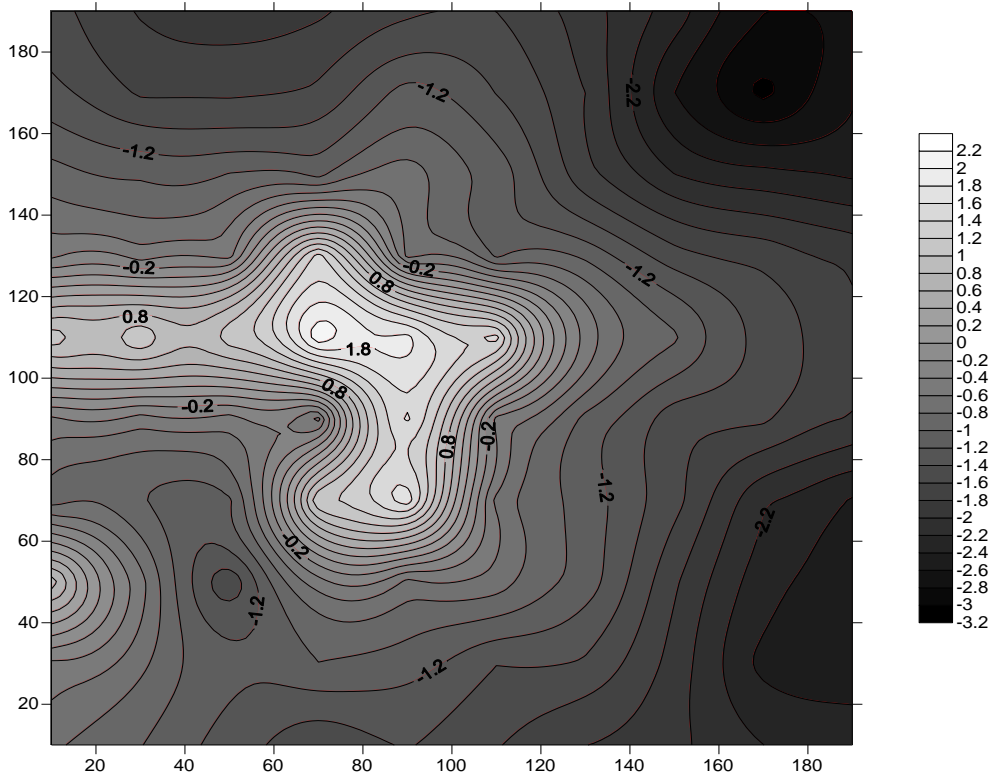


Figura 21 b : Mapa do Índice de agregação (V) de plantas adultas de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área II, com área de 4,0 ha.

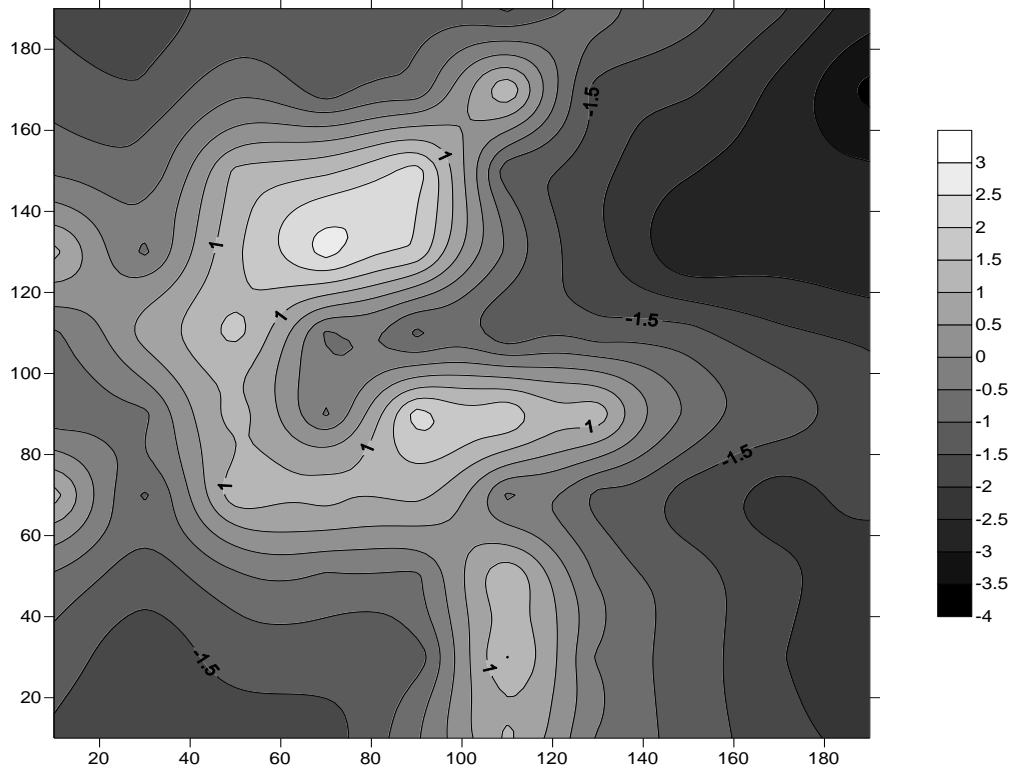


Figura 22 a : Mapa do Índice de agregação (V) de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área I, com área de 4,0 ha.

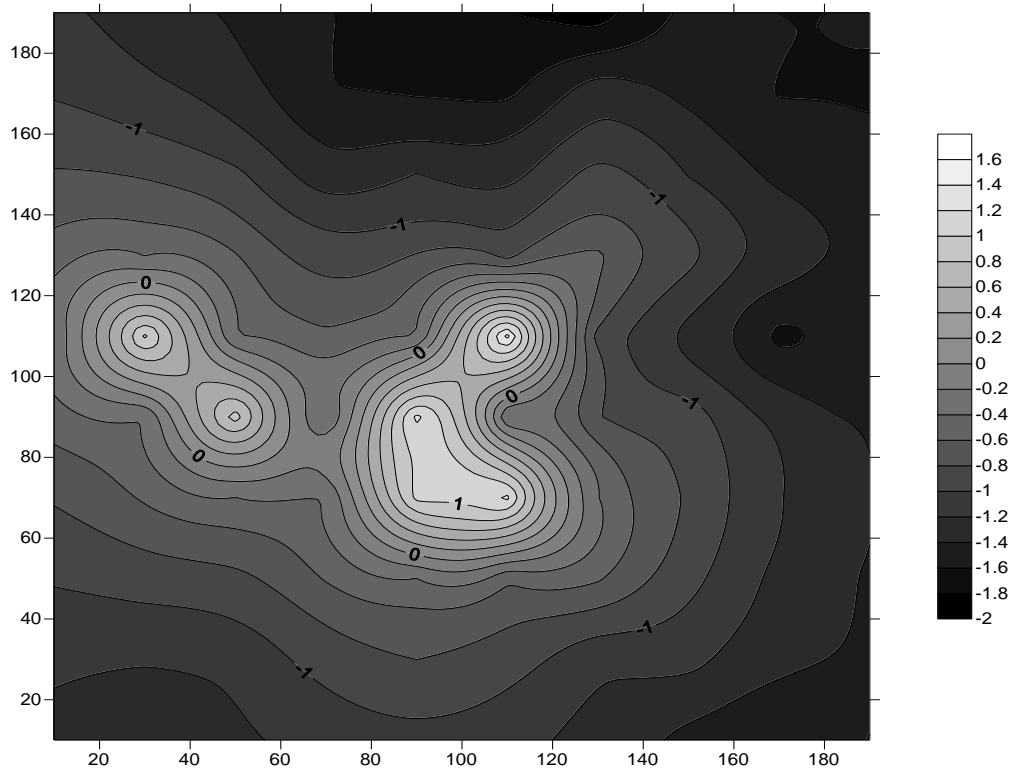


Figura 22 b : Mapa do Índice de agregação (V) de plantas jovens de *Dalbergia cearensis* Ducke obtido para a Área II, com área de 4,0 ha.

Nos achamos uma grande quantidade de propágulos de *D. Cearensis* dispersos a 3 metros de distância (área I) e a 2 metros (Área II) na proximidade dos adultos. A distância máxima a partir do adulto mais próximo foi de 13 metros (Figura 23).

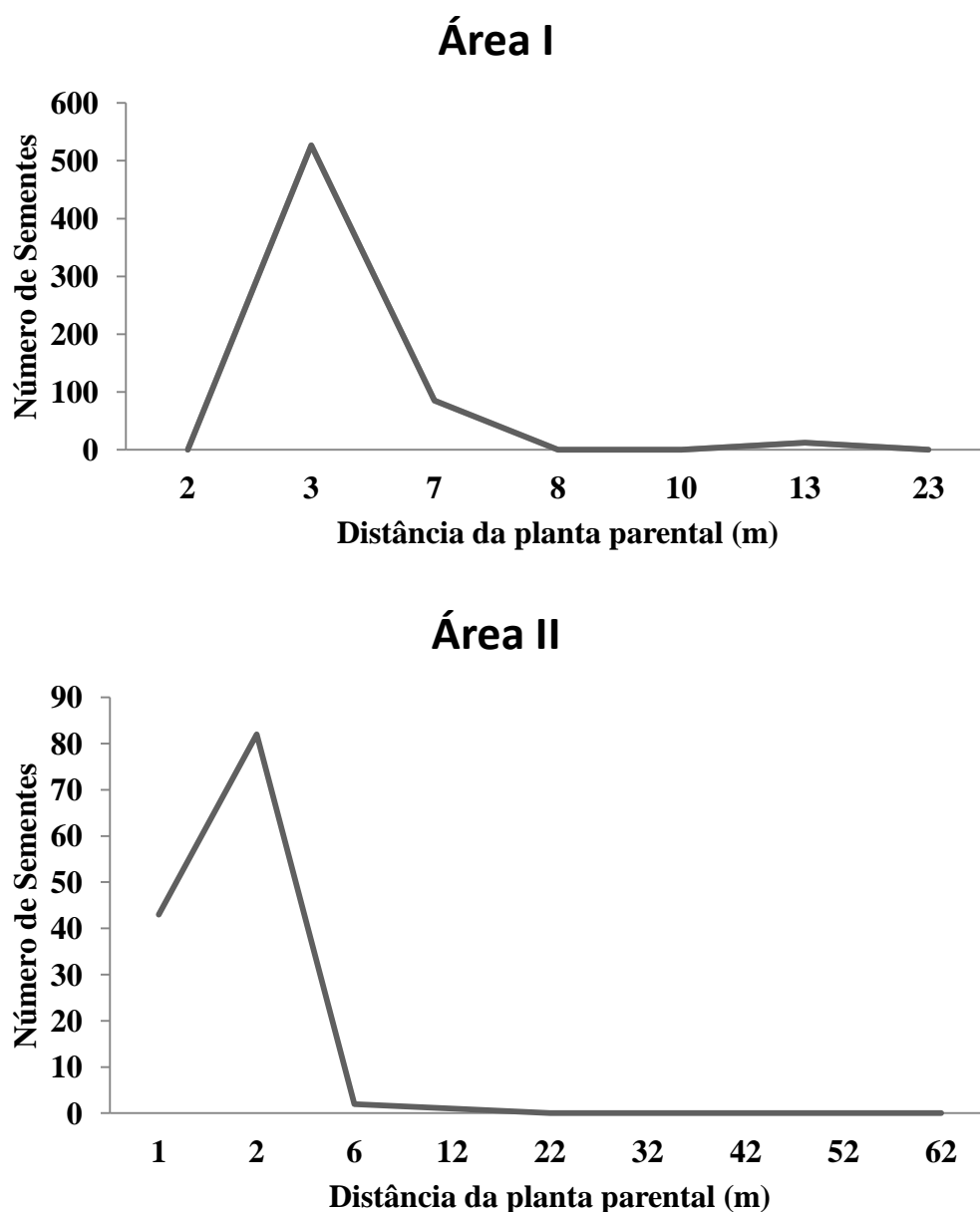


Figura 23 - Quantidade de sementes de *D. cearensis* coletadas em diferentes distâncias (em metros) a partir da planta parental para as duas áreas estudadas.



## 6.4 Discussão

O estabelecimento de espécies por sementes pode ser condicionado por fatores abióticos, como água, luz e disponibilidade de nutrientes (HARPER, 1977). Nossos resultados mostraram que *D. cearensis* é espacialmente agregadas. A presença de agrupamentos de tamanhos variados sugerem que os fatores responsáveis pelo padrão observado estão agindo localmente. Observações feitas em campo indicam que a distribuição da população é menos homogênea, onde a topografia é mais elevada e o solo contém menos argila.

Em geral, os seres vivos na natureza não são distribuídos uniformemente nem ao acaso (LEGENDRE; FORTIN, 1989). Em vez disso, eles são agrupados em manchas, formam gradientes ou estabelecem outros tipos de estruturas espaciais. O padrão espacial de jovens e adultos parece ser consistente para essas duas fases da vida de *D. cearensis*. Embora para os adultos as duas áreas tenham revelado um padrão agregado, este variou de agregado (área I) para aleatório (área II) para as plantas jovens. No entanto, esta distribuição aleatória de jovens na área II pode ser o resultado de alguns indivíduos concentrados em poucas subparcelas, enquanto em outras parcelas há ausência total de indivíduos. Além disso, o padrão densamente agrupado para adultos em comparação com jovens pode sugerir alguma relação com manchas de habitat. Isto pode ocorrer porque os adultos podem ser encontrados em locais mais favoráveis, enquanto os jovens estão mais dispersos (CONDIT *et al.*, 2000).

A produção de sementes é um evento que varia consideravelmente entre plantas devido à diferença na fecundidade, a perda de sementes antes da dispersão, ao tamanho da planta e a disponibilidade de recursos no ambiente (NATHAN; MULLER-LANDAU, 2000). A distribuição dos indivíduos entre os dois locais de estudo sugere variação ambiental. O diferente número de adultos férteis de *D. cearensis* em cada área de produção gerou um diferencial de sementes e diferentes condições de germinação e sobrevivência das plântulas (Figuras 14 e 15). No entanto, a disseminação de sementes é proporcionalmente semelhante em ambas as áreas. Isto pode ocorrer porque a maior abundância de sementes foi encontrada a 2 e 3 metros de distância dos adultos mais próximos, e a distância máxima de dispersão foi de cerca de 13 m (Figura 15). Okubo e Levin (1989) afirmam que a dispersão de sementes diminui com o aumento da distância, mas o pico de abundância de sementes pode estar em uma certa (mais próxima) distância da fonte de origem. Os mesmos autores explicam que isso pode ocorrer porque a distância de dispersão depende também da altura da árvore parental e

da velocidade de deposição das sementes. A ausência de sementes a distâncias superiores a 13 m em ambas as áreas sugere que a espécie tem uma capacidade de dispersão baixa para longas distâncias. Isto poderia ser explicado por algumas características intrínsecas da espécie (como adaptações morfológicas específicas para a dispersão pelo vento) ou por fatores abióticos como o vento e velocidade de turbulência (AUGSPURGER; FRANSON, 1987). Devido a esse padrão de abundância de distribuição de sementes em torno de adultos, podemos concluir que a dispersão de sementes de *D. cearensis* se encaixa nos modelos de curva gaussiana, porque o número de sementes é menor perto de adultos, é maior em distâncias intermediárias e, em seguida, diminui em distâncias maiores (OKUBO; LEVIN, 1989).

Para muitas espécies, a floração é espacialmente agregada e, em seguida, a dispersão e a germinação de sementes são muitas vezes agregados (HUTCHINGS, 2000). O citado autor considera também que quando as sementes são dispersas em alta densidade, haverá uma maior probabilidade de germinação agrupada. Considerando que: 1) o pico de abundância de sementes está em uma distância intermediária do adulto mais próximo (nossos resultados), e 2) o sucesso do recrutamento proporcionalmente aumenta com a distância de adultos (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971), podemos concluir que o padrão observado para a dispersão de sementes em *D. cearensis* permite um “trade-off” entre a capacidade de dispersão de sementes e a possibilidade de sucesso do recrutamento em lugar seguro. Além disso, ele também pode explicar o padrão espacial agregado, devido a maior abundância de sementes concentrar-se em distâncias intermediárias. Na visão de Crawley (1997), o padrão de distribuição agregado, para espécies que se estabelecem através da germinação de sementes, decorre do adensamento de plântulas próximo da planta parental e pela deposição dessas sementes em micro-locais seguros.

Vale ressaltar que a dispersão a distâncias intermediárias da planta parental pode promover uma distribuição agregada das sementes e esse padrão se manter para as plantas emergentes. Isto é possível, em pequena escala, pois a agregação das sementes no solo gera associações específicas entre diferentes sementes que depois se traduzem em associações ao nível de plantas emergentes (LORTIE; TURKINGTON, 2002). Pelo menos, uma mínima parte da distribuição espacial de plântulas pode ser explicada pela abundância de sementes. Foi o que atribuiu Rusch (1992) ao identificar um padrão agregado no banco de sementes similar ao recrutamento de plântulas. Por outro lado, parte dos frutos de *D. cearensis* se dispersam juntos com suas panículas axilares compactas, este fato acarreta aumento no peso e diminui a eficiência de dispersão pelo vento (AUGSPURGER; FRANSON, 1987). Esta característica para curta distância de dispersão pode ser responsável, pelo menos em parte,

pelo agrupamento de plântulas de *D. cearensis* que se formam no entorno das plantas parentais. No entanto, as outras quantidades de frutos presentes nas panículas desprendem-se lentamente e, aos poucos, são dispersos no início da estação seca até o fim da estação chuvosa seguinte e podem atingir maiores distâncias (13 metros) de dispersão. Nas duas áreas, o porte das árvores adultas de *D. cearensis* atinge de 8 a 10 metros, igualando-se em altura as demais espécies da comunidade. Caso ocorra alta velocidade dos ventos, os diásporos serão arremessados a maiores distâncias do local de dispersão (HORN; NATHAN; KAPLAN, 2001). Essa baixa estocasticidade na dispersão de propágulos pode ser limitante para a espécie, cujo sucesso pode ser alcançado através de maiores chances dos propágulos chegarem a um lugar seguro para germinar e se estabelecer (HARPER, 1977).

Ao nível de escala local, nossos resultados indicam que após o recrutamento a transição para plantas jovens manteve um padrão agregado em micro ambientes favoráveis (topografia, solo). Esse padrão espacial agregado em plântulas de *D. cearensis* também foi observado em outras espécies de regiões semiáridas. A sobrevivência de plântulas de *Pistacia lentiscus*, um arbusto sempre verde da região semiárida do sudeste da Espanha, mostrou um padrão espacial fortemente agregado com o tempo (MAESTRE *et al.*, 2003). Neste caso, a heterogeneidade espacial exerceu um importante papel como agente abiótico e não apenas a água das chuvas foi importante para dinâmica da vegetação naquele ambiente. A heterogeneidade espacial também revelou que em condições ambientais favoráveis plântulas e plantas jovens permaneceram agregadas em escala local (ARÉVALO; FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2003).

O padrão de distribuição agregada pode indicar dispersão limitada, onde a densidade de jovens diminui drasticamente com o aumento da distância da planta parental (CONDIT *et al.*, 2000). No entanto, isto não seria esperado para *D. cearensis* porque é uma espécie anemocórica, apesar de suas sementes serem dispersas a curta distância (3 metros) e se soltarem com dificuldade de suas panículas axilares compactas.

## 6.5 Conclusão

A análise espacial por índices de distância indicou um padrão de distribuição espacial agregado para plantas jovens e adultos de *D. cearensis*. Neste caso, um conjunto de interações positivas de fatores ecológicos deve contribuir para promover esse padrão

agregado. Este fato corrobora com a nossa hipótese alternativa de encontrarmos padrões não aleatórios tanto para plantas jovens como para adultos de *D. cearensis*. Finalmente, estudos posteriores devem identificar esses fatores ecológicos e suas interações para uma melhor compreensão do tipo de ocupação do espaço através da identificação de fatores mais específicos para a dinâmica populacional desta espécie.

## 6.6 Agradecimentos

Os autores agradecem aos proprietários da Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Não me Deixes, senhora Maria Luíza de Queiroz e seus filhos Flávio de Queiroz Salek e Daniel Queiroz Salek, por permitirem a realização da pesquisa na área da Unidade de conservação. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela liberação em tempo integral do primeiro autor para realização do Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

## Referências

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p. 149-153, 1981.

ARÉVALO, J.R.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest of Tenerife, Canary Islands. **Plant Ecology**, v. 165, p. 1-10, 2003.

AUGSPURGER, C. K. Offspring recruitment around tropical trees: changes in cohort distance with time. **Oikos**, v. 40, p. 189-196, 1983.

BLEHER, B.; BÖHNING-GAESE, K. Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. **Oecologia**, v. 129, p. 385-394, 2001.

CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v.49, n.1, p.87-109, 1997.

CHAPIN, F.S.; MCGRAW, J.B.; SHAVER, G.C. Competition causes regular spacing of alder in Alaskan shrub tundra. **Oecologia**, v.79, p. 412-416, 1989.

CINTRA, R. A test of the Janzen-Connell model with two common tree species in Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.13, n.5, p. 641-658, 1997.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. **American Naturalist**, v.124, p.769-788, 1984.

COLE, M. M. 1960. Cerrado, Caatinga and Pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, v.126, p.168-179.

CONDIT, R.; ASHTON, P. S.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE, N.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B.; ITOH, A.; LaFRANKIE, J. V.; LEE, H. S.; LOSOS, E.; MANOKARAN, N.; SUKUMAR, R.; YAMAKUA, T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v.288, p 1414-1418, 2000.

CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In P.J. den Boer and G.R. Gradwell (Eds.). **Dynamics**

**of populations**, pp. 298-310. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 1971.

COUTERON, P.; KOKOU, K. Woody vegetation spatial patterns in a semi-arid savanna of Burkina Faso, West Africa. **Plant Ecology**, v.132, p.211-227, 1997.

CRAWLEY, M.J. **Plant Ecology**. Second ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados climatológicos: Estação de Quixadá, 2003**. Fortaleza, Documentos 88, Embrapa, 2004.

GARCÍA, D.; OBESO, J. R.; MARTÍNEZ, I. Spatial concordance between seed rain and seedling establishment in BIRD-dispersed trees: does scale matter? **Journal of Ecology**, v.93, p. 693-704, 2005.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977. 892p.

HE, F.; LEGENDRE, P.; LaFRANKIE J.V. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. **Journal Vegetation Science**, v.8, n.1, p.105-114, 1997.

HOULE, G. Seed dispersal and seedling recruitment of *Betula alleghaniensis*: special inconsistency in time. **Ecology**, n.3, v.79, p. 807-818, 1998.

HORN, H.S.; NATHAN, R.; KAPLAN, S.R. Long-distance dispersal of tree seeds by wind. **Ecological Research**, v.16, p.877-885, 2001.

HUBBELL, S. P. Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. **Oikos**, v. 35, p. 214-229, 1980.

HUTCHINGS, M.J. The structure of plant populations. In: **Plant Ecology** (Crawley, M.J., ed.). Blackwell, Oxford, p. 325-358, 2000.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, v.104, p. 501-528, 1970.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com um estúdio de los climas de La tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948.478p.

LEMOS, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n.1, p. 23-42, 2002.

LEGENDRE, P.; FORTIN, M.J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio**, v.80, p. 107-138, 1989.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa : Instituto Plantarum. 2009.v.3

MAESTRE, F.T.; CORTINA, J.; BAUTISTA, S.; BELLOT, J.; VALLEJO, R. Small-scale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. **Ecosystems**, v.6, p. 630-643, 2003.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H.C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology & Evolution**, v.15, n.7, p. 278-285, 2000.

NOGUEIRA, F.C.B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.4, p.978-985, 2010.

PERRY, J.N. Spatial analysis by distance indices. **Journal of Animal Ecology**, v.64, p.303-314,1995.

PERRY, J.N. Measures of spatial pattern for counts. **Ecology**, v.79, p. 1008-1017, 1998.

PERRY, J. N.; WINDER, L.; HOLLAND, J. M.; ALSTON, R. D. Red-blue plots for detecting clusters in count data. **Ecology Letters**, v.2, p. 106-113, 1999.

REY, P. J.; ALCÁNTARA, J. M. Recruitment dynamics of a fleshy-frited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. **Journal of Ecology**, v.88, n.4, p. 622-633, 2000.

REES, M. Seed dormancy. In: CRAWLEY, M. J. (Ed.) **Plant Ecology**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 2000, p. 215-238.



RIZZINI, Carlos Toledo. **Árvores e madeiras úteis do Brasil** – manual de dendrologia brasileira. 3ª. Reimpressão, 2ª. Edição. Porto Alegre: Editora Edgard Blucher Ltda, 1978.

TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. S.; LIMA, J. L. S. Inventário florestal do Ceará. Estudo preliminar das matas remanescentes do município de Quixadá. **Boletim dos Recursos Naturais**, SUDENE, V.7, P-93-111, 1969.

## CONCLUSÃO GERAL

Os frutos e as sementes de *D. cearensis* mostraram variabilidade em peso e tamanho. Esses atributos devem ser decisivos na captura de recursos ambientais (água e luz), os quais podem contribuir para a diminuição da mortalidade e aumentar o estabelecimento das plântulas. Sementes mais pesadas exibem maior comprimento inicial de plântulas e melhor sobrevivência sob pouca luz. Sementes pequenas têm maior facilidade em obter água para germinação do que sementes grandes, devido à maior razão superfície/volume. Sementes de *D. cearensis* por serem pequenas apresentam uma característica vantajosa para as condições semiáridas do Nordeste brasileiro, uma vez que a disponibilidade de água está reduzida a uma curta estação chuvosa.

O processo germinativo é relativamente rápido, desuniforme, iniciando-se após três dias de semeadura. A germinação rápida mostra-se vantajosa para esta espécie que precisa se estabelecer aproveitando as condições ambientais favoráveis representadas pela ocorrência das primeiras chuvas.

As sementes de *Dalbergia cearensis* germinaram em temperaturas que variaram de 20 a 40°C, com uma faixa ótima de temperatura entre 25 e 35°C. Essa faixa de temperatura pode conferir para a espécie sua garantia de sobrevivência na caatinga, na região semiárida e em áreas desmatadas, onde é comum se encontrar essas temperaturas. Nessa região, assim como em outras florestas secas Neotropicais a perda da biodiversidade associada com a necessidade de restauração tem como principal limitação a disponibilidade de sementes de espécies adaptadas a locais com intensidade de luz alta, baixa umidade no solo e flutuação diurna na temperatura.

As plantas jovens de *D. cearensis* mostram maior crescimento da parte aérea sob sombreamento e suas raízes crescem mais a plena luz. No ambiente da floresta xerófila espinhosa no final da seca/início da chuva suas plantas jovens irão alocar mais recursos para as raízes e menos para a parte aérea. Durante a curta estação chuvosa, quando a irradiância é reduzida pelo sombreamento das outras árvores, suas plantas com um sistema radicular mais profundo passam a apresentar maior crescimento da parte aérea.

A fenologia vegetativa e reprodutiva da espécie *D. cearensis* acompanha a sazonalidade da precipitação pluviométrica durante a estação seca e chuvosa. A queda foliar ocorre no início da estação seca e o brotamento de novas folhas surge com as primeiras chuvas. A floração e frutificação ocorreram no início das chuvas e os diásporos de *D.*

*cearensis* são dispersos o ano inteiro após se desprenderem lentamente das panículas axilares compactas.

*Dalbergia cearensis* mostrou um padrão de distribuição espacial agregado para plantas jovens e adultos. Seus propágulos alcançam uma maior proporção de dispersão a 3 m de distância dos adultos parentais mais próximos.