

CELICE ALEXANDRE SILVA

***Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae): Aspectos
Ecofisiológicos e Reprodutivos**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

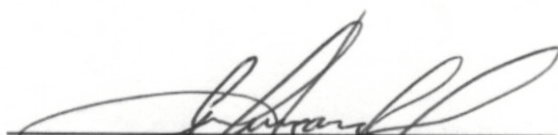
VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

CELICE ALEXANDRE SILVA

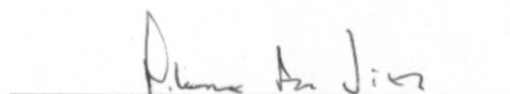
***Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae): Aspectos
Ecofisiológicos e Reprodutivos**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de Fevereiro de 2003.



Prof. Geraldo Wilson Fernandes
(Conselheiro)



Prof. Milene Faria Vieira
(Conselheira)



Prof.ª Rita Maria de Carvalho-Okano



Prof. Alexandre Francisco da Silva



Prof. Marco Antonio Oliva Cano
(Orientador)

Ao meu marido

À minhas filhas

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela formação profissional e pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Eldo Antônio Monteiro da Silva, chefe do Departamento de Biologia Vegetal, pelo atendimento aos pedidos de condução, viabilizando as coletas de campo na Serra do Cipó.

Ao Professor Marco Antonio Oliva Cano, pela orientação, pelo apoio e pela paciência.

À Professora Milene Faria Vieira, pelo exemplo de competência e seriedade, pelo apoio e pela amizade.

Ao Professor Geraldo Wilson Fernandes, pela concessão da área de estudos, pela confiança, pela amizade e pelas importantes sugestões.

À Professora Rita Maria de Carvalho-Okano, pelas valiosas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Ao Professor Alexandre Francisco da Silva, pelas importantes sugestões.

Ao Professor Paulo De Marco Júnior e sua esposa Maria Rodrigues Vianna, pelo valioso auxílio nas questões de estatísticas.

Ao Leacir Brás da Silva, técnico do Laboratório de Análise de Sementes Florestais (LASF), pela ajuda nos experimentos de germinação de sementes.

Aos técnicos de laboratório, Rogério Gomide, Rosana e Zilda, pelo valioso auxílio.

Ao Reinaldo Antonio Pinto, pela confecção das pranchas.

Ao Sr Pedro, Dona Lúcia e Luzia, pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo.

Aos amigos do laboratório de ecofisiologia, Luzimar, Kacilda, Karla e Alan, pelo convívio, pelo apoio e pela preciosa ajuda.

Aos motoristas da UFV, pela paciência e pela atenção durante as viagens a Serra do Cipó.

À minha sobrinha Jaqueline, por estar sempre presente nos momentos mais difíceis da minha vida.

À minha família, por ser meu “porto-seguro” e dar sentido à minha vida.

À amiga Andrea, pelo apoio incondicional e pelas orações.

À Cristina, pela confiança e pelo carinho dedicado a minha família.

A Deus, pelo fortalecimento da minha fé a cada dificuldade imposta pela vida.

BIOGRAFIA

Celice Alexandre Silva, filha de Manoela da Luz Silva e Raimundo Alexandre, nasceu em Bom Jesus do Amparo, Minas Gerais, a 8 de março de 1966.

Em agosto de 1999, obteve o grau de Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal de Viçosa. Em março de 2001, iniciou o curso de mestrado em Botânica, pela Universidade Federal de Viçosa. Em março de 2003, iniciou o curso de doutorado em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa, ora em curso.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
CAPÍTULO I - EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS E A FENOLOGIA DE <i>Coccoloba cereifera</i> Schwacke (Polygonaceae)	
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
2.1 Avaliações Realizadas na Serra do Cipó.....	6
2.2 Avaliações Fenológicas	8
2.3 Avaliações Realizadas em Casa de Vegetação.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1 Avaliações Realizadas na Serra do Cipó.....	11
3.1.1 Avaliação do Estado Hídrico da Planta na Estação Seca e Chuvosa.....	12

3.1.2 Avaliações Fenológicas.....	14
3.2 Avaliações Realizadas em Casa de Vegetação.....	17
4. CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

CAPÍTULO II – BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Coccoloba cereífera* Schwacke (Polygonaceae)

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
2.1 Área de Estudo.....	32
2.2 Espécie Estudada.....	33
2.3 Fenologia Reprodutiva.....	33
2.4 Morfologia e Biologia Floral.....	34
2.5 Sistema Reprodutivo.....	35
2.5.1 Testes de Polinização.....	35
2.5.2 Germinação de Sementes.....	35
2.6 Visitantes Florais.....	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1 Fenologia Reprodutiva.....	37
3.2 Morfologia e Biologia Floral.....	38
3.3 Sistema Reprodutivo.....	46
3.3.1 Testes de Polinização.....	46
3.3.2 Germinação de Sementes.....	50
3.4 Visitantes Florais.....	50
4. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

RESUMO

SILVA, Celice Alexandre, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. ***Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae): Aspectos Ecofisiológicos e Reprodutivos.** Orientador: Marco Antonio Oliva Cano. Conselheiros: Milene Faria Vieira e Geraldo Wilson Fernandes.

O presente estudo teve como objetivos avaliar algumas estratégias ecofisiológicas e reprodutivas de *Coccoloba cereifera* para sua manutenção e desenvolvimento em condições déficit hídrico. As avaliações ecofisiológicas em campo consistiram no monitoramento do potencial hídrico foliar nas estações seca e chuvosa e no acompanhamento da fenologia vegetativa e reprodutiva da espécie durante um ano. O potencial hídrico foliar na estação seca apresentou pouca variação em relação à estação chuvosa. As avaliações fenológicas foram realizadas em trinta indivíduos, onde foram contados o número de folhas novas, a presença flores abertas e frutos. Constatou-se que *C. cereifera* investe na produção de biomassa verde durante todo o ano e a floração e frutificação geralmente correspondem ao início do período chuvoso. Em casa de vegetação foi analisado o efeito do estresse hídrico sobre as trocas gasosas de *C. cereifera* em três tratamentos: capacidade de campo (CC),

estresse hídrico moderado (EM) e estresse hídrico severo (ES), os seguintes parâmetros foram avaliados: transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A), relação C_i/C_a , eficiência do uso da água (EUA) e fotoquímica (F_v/F_m). Foram cinco semanas de avaliações, no final da quarta semana foi realizada rega nos tratamentos (EM) e (ES). O (EM) não provocou variação significativa para os parâmetros avaliados. No (ES) observou-se reduções acentuadas desses parâmetros com recuperação após a re-irrigação. Os estudos da biologia reprodutiva tiveram como objetivos verificar a fenologia reprodutiva, analisar a morfologia e biologia floral, o sistema reprodutivo e identificar os visitantes florais de *C. cereifera*. Na fenologia reprodutiva verificou-se maior investimento na reprodução no período chuvoso. A morfologia floral constituiu de análises de campo e laboratório. A espécie apresentou quatro tipos florais, caracterizando-a como polígamo-dióica. Para o estudo da biologia floral foram registrados o horário de antese, a longevidade floral, a presença de néctar e a receptividade do estigma. Constatou-se que as flores atingem máximo de abertura floral às doze horas e sua longevidade é de vinte e quatro horas. O néctar estava presente em todos os tipos florais, a viabilidade do pólen e a receptividade do estigma variaram entre eles. No sistema reprodutivo foram realizados três tratamentos, autopolinização espontânea, polinização aberta e polinização cruzada; verificou-se também o crescimento do tubo polínico. A autopolinização espontânea registrou apomixia e menor produção de frutos para a polinizações aberta e cruzada. O crescimento do tubo polínico foi observado em quase todos os tipos florais. No estudo da germinação de sementes foram aplicados quatro tratamentos: sementes com perigônio seco, sementes com perigônio seco removido, sementes com perigônio carnoso e sementes com perigônio carnoso removido. As maiores porcentagens de germinação ocorreram quando se removeu o perigônio. Os visitantes florais capturados consistiam em pequenos insetos que podem atuar como importantes polinizadores.

ABSTRACT

SILVA, Celice Alexandre, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2003. ***Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae): Ecophysiological and Reproductive Aspects.** Advisor: Marco Antonio Oliva Cano. Committee members: Milene Faria Vieira e Geraldo Wilson Fernandes.

The aim of this work was to evaluate some of the reproductive and ecophysiology aspects of *Coccoloba cereifera*, which would allow its survival and development under water stress situation. Under field conditions the leaf water potential was monitored during the dry and the raining season. Phenological and reproductive studies were also carried out. The changes on the leaf water potential were recorded at every hour, during 12 hours, using a pressure bomb. The data obtained were used to generate a daily curve for both seasons. The water potential of leaves during the dry season showed no significant difference from those of the raining season. In the phenology assessment, thirty individuals were screened for their number of young leaves, mature flowers, and fruits. *C. cereifera* invests on leaf production year around, although the flower and fruit production occurred early in the raining season. The effects of water stress on *C. cereifera* gas exchange trends were analyzed on

plants under a glasshouse setting through three treatments: field capacity (CC), moderated water stress (EM), and severe water stress (ES). The parameters, transpiration (E), stomatal conductance (g_s), net photosynthesis (A), C_i/C_a ratio, and water use efficiency (EUA) were measured with a infra red analyzer (IRGA) while the photochemical efficiency, was evaluated based on the values of F_v/F_m , by a fluorescence analyzer (PEA). The treatments were applied during five weeks, and the evaluations carried out weekly. By the end of the fourth week, the plants under water restriction treatment (EM and ES) were reirrigated to field capacity. Plants exposed to the ES treatment showed the largest decline in all parameters. However, when reirrigation took place the values returned to standard levels. The *C. cereifera* reproductive biology study focused on the reproductive phenology, floral biology and morphology and identified the floral visitors. The large investment on the reproductive process occurred during the raining season. The floral analyses revealed that this specie is poligamo-dioica, presenting four different flower types. The flowers had maximum aperture around noon and a period of 24 hours longevity. Nectar was present in all four flower types, but pollen viability and stigma receptivity varied among them. Spontaneous self-pollination showed characteristics of apomixis while and the production of fruits was smaller on open and a cross-pollinated. For the germination process, seeds of the species were submitted to four treatments: seeds with dry perigon, seeds with dry perigon removed, seeds with fleshy perigon, and seeds with fleshy perigon removed. The higher percentages of germination were obtained for both treatments without perigon. Hymenopterans were the main group visiting the flowers and therefore could be acting as important pollinators.

INTRODUÇÃO GERAL

A Cadeia do Espinhaço é referida como centro de origem e diversidade de vários taxa (GIULIETTI e PIRANI 1988). Constituída de um conjunto de serras direcionadas no sentido norte-sul, com altitudes médias de 1000 metros, sendo seu limite sul a Serra de Ouro Branco, próximo a Ouro Preto –MG e seu limite norte até Juazeiro, no estado da Bahia, onde é denominada Chapada Diamantina (FARIA 1994).

Na Cadeia do Espinhaço os campos rupestres dominam a paisagem em cotas altimétricas acima de 1000m e de acordo com o gradiente altitudinal, edáfico e microclimático ocorrem outros tipos de vegetação, cerrado (800-1000m) e matas de galeria que acompanham as linhas de drenagem (GIULIETTI et al.1987). Na Chapada Diamantina-BA, partindo das maiores altitudes para as mais baixas, o campo rupestre é substituído pela caatinga e em Minas Gerais pelo cerrado (GIULIETTI e PIRANI 1988).

A alteração dos ecossistemas terrestres pela interferência humana, vem reduzindo a diversidade de espécies e acelerando a extinção em muitos habitats (DAVID 2000). A principal consequência das atividades antrópicas é a fragmentação da paisagem natural. Essas fragmentações têm efeitos físicos e biológicos e afetam os padrões de migração e dispersão de organismos, além de reduzir o tamanho da população e o *pool* gênico. Com a redução do tamanho das populações, estas se tornam mais susceptíveis à extinção e espécies exóticas passam a ter acesso à área fragmentada (ARAÚJO 2000). Assim, as pressões sociais e os órgãos governamentais têm se conscientizado no sentido de reduzir as taxas de extinção de espécies e aumentar os esforços para a conservação e manejo destas, sendo que, a prioridade está em deter a perda de espécies silvestres e preservar os ecossistemas críticos (MACE 2000). De acordo com a Norma Técnica N.º 13.030 da ABNT (1998), que recomenda a recomposição de áreas degradadas com espécies nativas, centros de pesquisas, Organizações Não Governamentais (ONGs) e empresas privadas vêm se

interessando pelas espécies nativas que potencialmente podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas.

A Serra do Cipó é uma região de campo rupestre que está inserida na cadeia do Espinhaço, apresentando solos predominantemente quartzíticos e, em elevações acima de 1000 m, prevalecem os solos arenosos, rasos e ácidos, pobres em nutrientes e com grande susceptibilidade à erosão (RIBEIRO e FERNANDES 1999). Trata-se de uma região que abriga inúmeras espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção, sendo considerada uma das áreas críticas para a conservação (“hotspots”), devido à riqueza biológica e à alta pressão antrópica a que vem sendo submetida. Deste modo, a Serra do Cipó é considerada uma área de grande biodiversidade (COPAM 1997; BRASIL 1999).

As peculiaridades edáficas, topográficas (relevo acidentado em grandes altitudes) e climáticas (ventos fortes, grande variação térmica diária, insolação intensa, estações chuvosas e secas bem definidas) desse ecossistema determinam o desenvolvimento de características xeromórficas na flora local, proporcionando alto grau de convergência morfológica adaptativa como folhas espessas, glabras ou pilosas, fibrosas, presença de ceras e geralmente com grande quantidade de esclerênquima. Outras apresentam adaptações contra a perda de água e algumas captam-na diretamente da atmosfera (FARIA 1994). Essas peculiaridades da flora relacionadas diretamente a fatores abióticos do ecossistema tornam a Serra do Cipó uma região de alto grau de endemismo. Entretanto, com a devastação desse ecossistema, várias espécies de plantas foram extintas ou estão em processo de extinção. (GIULIETTI et al. 1987; ARAÚJO 2000).

Aliado às estratégias adaptativas, a flora da Serra do Cipó apresenta mecanismos reprodutivos como longos períodos de florescimento FARIA (1994). Essa autora reporta que, esses longos períodos de florescimento talvez possam, em parte, ser explicados pelas condições climáticas como vento, neblina, temperaturas baixas e insolação intensa, que muitas vezes limitam a atividade dos polinizadores.

Coccoloba cereifera Schwacke (Polygonaceae) é espécie ameaçada de extinção (COPAM 1997; MENDONÇA e LINS 2000), de ocorrência restrita a Serra do Cipó -MG (RIBEIRO e FERNANDES 1999). Essa espécie apresenta distribuição agregada numa área de 26 Km², em altitudes de 1000 a 1300 metros, e está associada a solos arenosos, com afloramentos rochosos e pobres em nutrientes (RIBEIRO e FERNANDES 1999). Possui porte herbáceo-arbustivo, com folhas violáceas, coriáceas, dotadas de epiderme bastante cutinizada, caracterizando-a como espécie esclerófila (MILANEZ 1951). Apresenta ainda o lignotuber (*sensu* RIBEIRO e FERNANDES 1999), estrutura comum em plantas de cerrado. Após o fogo, as partes aéreas morrem e a planta rebrota vigorosa, formando novos clones (RIBEIRO e FERNANDES 1999, 2000).

Esse estudo foi conduzido com o objetivo de elucidar algumas estratégias adaptativas fisiológicas e reprodutivas de *C. cereifera* para sobrevivência sob condições adversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.1998. **NBR 13030**; elaboração e apresentação de projetos de reabilitação de áreas pela mineração. Rio de Janeiro, 6p.

ARAÚJO, M.A.R. 2000. **Conservação da biodiversidade em Minas Gerais: Em busca de uma estratégia para o século XXI**. Belo Horizonte, Cema. 36p.

BRASIL. 1999. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e pantanal**. Brasília, 26p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. 1997. **Deliberação nº 85.21/10/1997**; Lista de espécies ameaçadas de extinção da flora do estado de Minas Gerais. Diário oficial de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DAVID, T. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. **Nature** 405:208.

FARIA, G.M. 1994. **A flora e a fauna apícola de um ecossistema de campo rupestre, Serra do Cipó-MG, Brasil: Composição, Fenologia e suas Interações**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.239p.

GIULIETTE, A. M.; PIRANI, J. R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brasil. In: Vanzolin PE & Heyer Wr (eds.). **Proceedings of a workshop on Neotropical. Distribution patterns**. Acad. Bras. Ciências, Rio de Janeiro, p. 36-39.

GIULIETTE, A. M., MENEZES, N. L.; PIRANI, J. R.; MEGURO, M.; WANDERLEY, M. G. L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Caracterização e lista de espécies. **Bol. Bot. Univ. São Paulo** 9:1-151.

MACE, G. M. 2000. Its time to work together and stop duplicating conservation efforts. **Nature** 405:393.

MENDONÇA, M. P., LINS, L. V. 2000. **Lista vermelha da espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte. Fundação Biodiversitas. 160p.

MILANEZ, F.R. 1951. Nota sobre a anatomia da folha de *Coccoloba cereifera* Schwake. **Rodriguésia** 14:23-39.

RIBEIRO, K. T., FERNANDES, G. W. 1999. Geographic distribution of *Coccoloba cereifera* (Polygonaceae), a narrow endemic from Serra do Cipó, Brazil. **Rev. Bios** 7:7-12.

RIBEIRO, K. T.; FERNANDES, G. W. 2000. Patterns of abundance of a narrow endemic species in a tropical and infertile habitat. **Plant Ecol.** 147:205-218.

CAPÍTULO I – EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS E A FENOLOGIA DE *Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae)

1 - INTRODUÇÃO

O monitoramento sistemático das interações entre planta e meio ambiente, variações sazonais e diurnas do balanço hídrico e das trocas gasosas, em especial da fotossíntese e transpiração, associadas às medições da condutância estomática e das variações climáticas (MIELKE et al. 1999; 2000), são importantes ferramentas para que possa compreender como determinada espécie utiliza os limitados recursos disponíveis no cerrado.

Fatores como temperatura, radiação, disponibilidade hídrica e nutricional, limitam o estabelecimento de plantas em maiores altitudes. Nesse sentido, as plantas nesses ecossistemas geralmente, apresentam estruturas xeromórficas que lhes conferem resistência para sobrevivência em condições adversas (LÜTTGE 1997). A temperatura e as condições de radiação antes, durante e imediatamente após a germinação influenciam a forma e o tamanho da planta, como também o processo de floração. Por outro lado, o suprimento adequado de água e nutrientes durante a fase vegetativa afetam a abundância e a vitalidade das sucessivas gerações (LARCHER 2000)

A deficiência hídrica nos solos de cerrado, é um fator que pode modificar o crescimento, desenvolvimento e sobrevivência das plantas. Essas plantas, geralmente, desenvolvem raízes no sentido vertical e horizontal para sua manutenção em períodos secos. Algumas plantas de cerrado têm comportamento semelhante a *Curatella americana* que se mantêm sempre verde durante todo o ano, mas o início da produção de flores e frutos assim como o lançamento de folhas novas, iniciam-se no final da estação seca, quando as condições climáticas se apresentam mais favoráveis (LÜTTGE 1997).

Outro fator de estresse em plantas do cerrado é a qualidade da radiação com potencial para desenvolver algum tipo de estresse foto-oxidativo. Sob forte radiação podem ser formados radicais oxidativos que, se acumulados, vão acarretar danos aos sistemas de membranas, provocando baixo rendimento assimilatório (LARCHER 2000). As espécies que ocorrem em maiores altitudes estão expostas a alta radiação e contêm menos clorofila, quando comparadas com aquelas que crescem ao nível do mar. Ao passo que os teores de

carotenóides tendem a aumentar em plantas de altitude, provavelmente para aumentar o nível de proteção ao aparato fotossintético (FOYER e MULLINEAUX 1994).

Foram objetivos deste estudo avaliar os efeitos das variações do potencial hídrico de *Coccoloba cereifera* sobre as trocas gasosas e eventos fenológicos, sob condições de campo e de casa de vegetação.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Durante o período de agosto de 2001 a dezembro de 2002, foram conduzidos estudos sobre o comportamento da economia hídrica, das trocas gasosas e dos eventos fenológicos de *Coccoloba cereifera*. Nesse período, foram realizados experimentos no campo e em casa de vegetação.

2.1 - Avaliações Realizadas na Serra do Cipó

Coccoloba cereifera apresenta sistema radicular superficial com presença de raízes gemíferas e xilopódio (RIZZINI e HERINGER 1966) que se constitui uma fonte de reserva para a planta. Possui porte herbáceo-arbustivo, medindo de 0,5 a 3m de altura. As folhas são curto-pecioladas, de cor violácea, fortemente coriáceas, ascendentes, apresentando uma espessa camada de cera que lhes conferem coloração prateada, provavelmente para minimizar o estresse da insolação direta, ócrea coriácea. Anatomicamente, as células epidérmicas das folhas apresentam estômatos exclusivamente na face abaxial, cerca de 20 μ abaixo da cutícula, 2-3 camadas de parênquima paliçádico (MILANEZ 1951). As inflorescências são espiciformes, terminais ou sub-terminais, eretas ou ligeiramente pendentes, com centenas de flores.

Os trabalhos de campo foram realizados em uma área de campo rupestre próxima ao Parque Nacional da Serra do Cipó, município de Santana do Riacho - MG, na reserva particular "Vellozia", rodovia MG-010, km 108,5 (19°16'44"S e 43°35'23"W), a uma altitude de 1200m (Fig. 1) . O clima da região é do tipo tropical de altitude (Cwb, segundo a classificação de Köppen). Para o ano de 2001, a temperatura máxima absoluta foi de 35,6°C, registrada em setembro , e a mínima absoluta foi de 6,5°C, registrada em junho. A máxima precipitação total mensal foi de 354,4 mm, em dezembro de 2001, e a mínima precipitação mensal foi de 0,3 mm registrada em julho de 2001. A pluviosidade anual total para o período foi de 1467,5mm.

Para a determinação da curva diária do potencial hídrico foliar (Ψ_w) foram coletadas, aleatoriamente, folhas completamente desenvolvidas, mas não senescentes de três indivíduos diferentes de *C. cereifera*, em duas épocas do ano, uma na estação seca (31/07/2002) e outra na estação chuvosa (08/01/2002). As leituras foram feitas a cada hora do dia, das (05:00 às 17:00 horas), com auxílio de uma câmara de pressão Scholander (PMS 1000. USA) instalada próxima à área de coleta. Os resultados médios do potencial hídrico foliar foram submetidos a uma análise de regressão.

Os dados climatológicos como precipitações totais mensais para o período de observação foram obtidos da estação meteorológica mais próxima da área de estudo. (30 Km), localizada no município de Conceição do Mato Dentro - MG, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia de Belo Horizonte - MG.

2.2 - Avaliações Fenológicas

Os estudos fenológicos foram conduzidos no período de março de 2001 a março de 2002 e as coletas dos dados foram realizadas na primeira quinzena de cada mês.

Trinta indivíduos foram escolhidos, delimitando uma distância mínima de três metros entre os indivíduos. Em cada indivíduo foram registrados a presença de botões florais, de flores abertas e frutos e também contados o número de folhas novas. Foi considerado como parâmetro para folhas novas, aquelas que se apresentavam à lâmina foliar em desenvolvimento e consistência não coriácea. Os resultados da fenologia reprodutiva foi expresso pela porcentagem mensal de indivíduos floridos e frutificados na amostragem. Nas observações fenológicas foi considerado e acompanhado o número máximo de três clones por indivíduo.

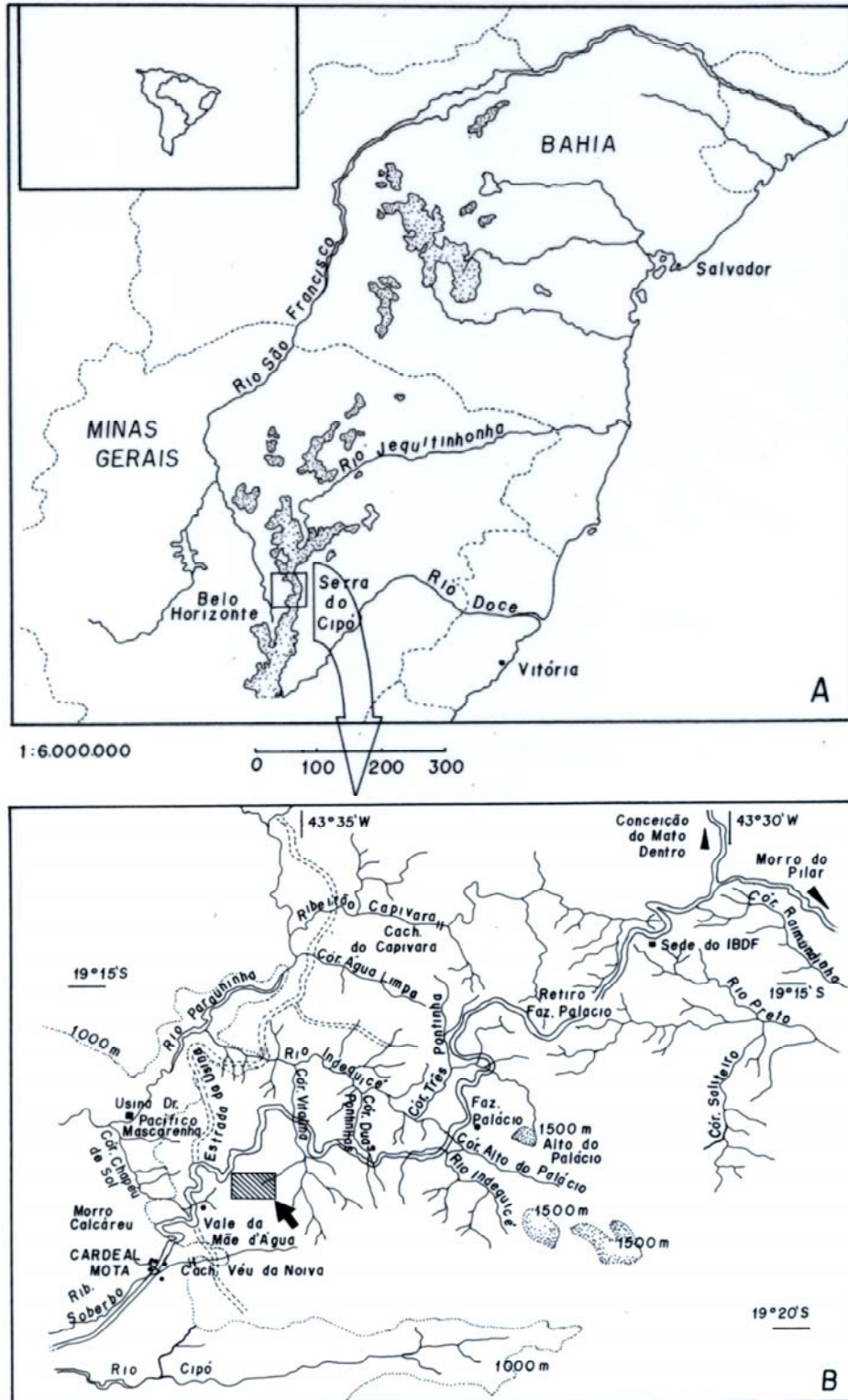


Figura 1 – Mapa de localização: A – Cadeia do Espinhaço, Serra do Cipó- MG; B - Área de estudo (seta)

2.3 - Avaliações Realizadas em Casa de Vegetação

As análises laboratoriais foram realizadas na Unidade de Crescimento de Plantas (UCP) da Universidade Federal de Viçosa, localizada em Viçosa (20° 45' S e 42° 51' W) e altitude de 680 m, no estado de Minas Gerais.

Para avaliar os efeitos do estresse hídrico sobre as trocas foram analisados 36 indivíduos cultivados em casa de vegetação e acondicionados em vasos plásticos de 2L, preenchidos com substratos procedentes de áreas de ocorrência natural da espécie, por um período de cinco semanas. Para isso, foram montados três blocos com 12 plantas por bloco e aplicados três tratamentos: Capacidade de campo (CC) e dois níveis de estresses: estresse moderado (EM) -1,3 a -1,5 MPa e o estresse severo (ES), sendo este por ausência total da rega.

A umidade do solo foi controlada gravimetricamente todos os dias e seu potencial hídrico foi calculado a partir das determinações da curva de retenção de umidade do solo (Fig. 5) segundo SLATYER (1967).

Para avaliação dos efeitos dos tratamentos nas trocas gasosas, foi realizada uma curva diária de luz. Mediante essa curva, foi adotado o horário de 8:00 às 12:00 horas e avaliados os seguintes parâmetros: Condutância estomática (g_s), Transpiração (E), Taxa fotossintética líquida (A), Eficiência do uso da água (EUA) e Relação C_i/C_a , determinados com auxílio de um sistema analisador de gases (IRGA) modelo LCA-4, ADC.

A primeira coleta de dados foi realizada a partir da segunda semana de estresse hídrico, repetindo-se a cada sete dias. No final da quarta semana foi realizada uma re-irrigação nas plantas submetidas ao (EM) e (ES) até a capacidade de campo, perfazendo no total cinco semanas de avaliações.

Por vaso, foi escolhida uma folha completamente desenvolvida, mas não senescente, e nessa folha foram analisadas as trocas gasosas durante o decorrer do experimento.

Os valores do rendimento quântico potencial do fotossistema II (FV/FM), foram determinados em 36 plantas que serviram aos tratamentos anteriores, durante quatro semanas. A análise foi feita em uma folha por vaso, adaptadas ao escuro durante meia hora, utilizando o medidor de fluorescência da clorofila “Plant Efficiency Analyser” (PEA HANSATECH), segundo a metodologia de KRAUSE e WEIS (1991).

As plantas submetidas ao estresse hídrico que morreram no decorrer do experimento, não foram substituídas por outras.

A análise estatística foi obtida por meio da análise de variância de medidas repetidas (ZAR 1999).

O Ψ_w foliar de *C. cereifera*, submetida a estresse severo, foi avaliado por cinco semanas, no horário da antemanhã, sendo que no final da quarta semana de estresse foi feita uma re-irrigação. Foram realizadas três medidas de Ψ_w para cada valor médio.

Dados climatológicos médios como radiação global e temperatura média do ar tomados no início e final de cada coleta de dados, foram fornecidos por uma mini- estação climática instalada dentro da casa de vegetação da Unidade de Crescimento de Plantas (UCP).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Avaliações Realizadas na Serra do Cipó

A anatomia foliar apresentada por *C. cereifera*, como células epidérmicas das folhas dotadas de cutícula espessa, estômatos exclusivamente na face abaxial, cerca de 20 μ abaixo da cutícula, e 2-3 camadas de parênquima paliçádico aliado à disposição ascendente das folhas, sugerem se tratar de estratégias da espécie para sobreviver em ambientes xéricos. CORNIC (1994) reportou que alta radiação e déficit hídrico são fatores ambientais

que provocam danos ao aparato fotossintético. Nesse sentido, as plantas desenvolvem estratégias para minimizar os efeitos da alta radiação como a presença de ceras, pêlos foliares, aliados à epiderme foliar multisseriada e disposição vertical das folhas. Adaptações para reduzir a transpiração incluem estômatos em cavidades e perda ou redução do número de folhas durante o período de seca (SALISBURY e ROSS 1992).

3.1.1 - Avaliação do Estado Hídrico da Planta na Estação Seca e Chuvosa

Plantas de *C. cereifera* perdem água no transcorrer do dia, influenciando o potencial hídrico da planta que atinge valores mínimos às 12:00 e 13:00 horas. Na estação seca, esses valores são cerca de 20% menores do que na estação chuvosa. Esses resultados sugerem que a planta consegue conservar bem a água no seu sistema radicular, não permitindo que o Ψ_w diminua significativamente (Fig. 2).

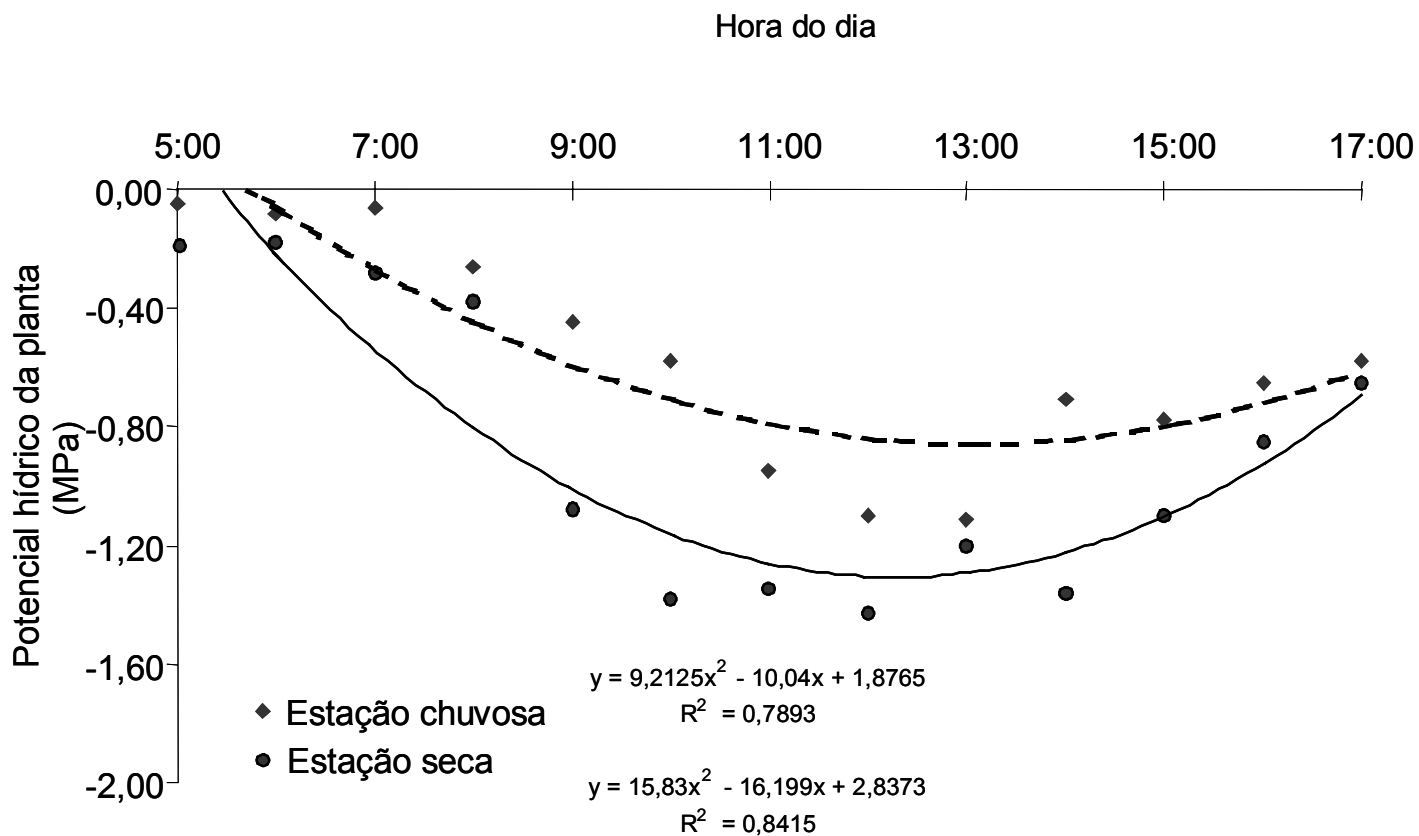


Figura 2 - Variação diária do potencial hídrico foliar de *Cocoloba cereifera*, nas estações seca e chuvosa, Serra do Cipó - MG.

Na estação seca, com a diminuição do teor de umidade do ar e do solo, o potencial hídrico e o conteúdo relativo de água nas plantas tendem a reduzir (PEREZ e MORAES 1991). MORAES et al. (1989), em estudo com espécies do cerrado, verificaram maiores valores de potencial hídrico entre as espécies herbáceas, seguidas das arbustivas e, finalmente das arbóreas.

LARCHER (2000) reportou que as espécies arbóreas têm grande superfície evaporativa e quando há um suprimento adequado de água, transpiram livremente, podendo assim obter valores mais negativos de potencial hídrico. No entanto, as espécies herbáceas que não apresentam um sistema radicular eficiente, podem apresentar um potencial hídrico mais elevado e, como consequência, uma condutância estomática menor.

Segundo MORAN et al. (1994), um Ψ_w foliar de aproximadamente $-1,3$ MPa. pode causar redução da fotossíntese e transpiração, além de aumentar a resistência estomática. LE-ROUX e BARIAC (1998) reportaram que a disponibilidade hídrica do solo afetou a condutância estomática e o potencial hídrico e osmótico de espécies herbáceas e arbustivas de savanas africanas. Os resultados do potencial hídrico foliar, corroboram ao apresentado por *C. cereifera*, sugerindo que o alto potencial hídrico durante a estação chuvosa e seca (Fig. 3) seja devido à boa adaptação da espécie.

O valor de Ψ_w foliar de $-1,5$ MPa na estação seca (Fig. 2) apresentado por *C. cereifera* é semelhante aos valores observados por ROCHA e MORAES (1997); esse autores encontraram valores de Ψ_w foliar de $-1,6$ MPa no vigésimo sétimo dia de estresse, em *Stryphnodendron adstringens*, espécie de cerrado, submetida a estresse hídrico.

Tanto para estação chuvosa quanto para a seca, observa-se que no horário de 5:00 às 8:00 horas os valores para os Ψ_w foliar de *C. cereifera* têm comportamento semelhante. As diferenças observadas para a espécie, ao longo do dia, para as duas estações do ano, apontam para os mecanismos de adaptação desenvolvidos pela espécie para otimizar a utilização eficiente da água.

3.1.2 - Avaliações Fenológicas

O comportamento fenológico apresentado por *C. cereifera* (Fig. 3 e 4) é semelhante ao comportamento de *Curatella americana* (Dilleniaceae), espécie de cerrado que apresenta produção de biomassa verde durante todo o ano, mas com um acentuado aumento no início da estação chuvosa (LÜTTGE 1997). *C. cereifera* tende a seguir o mesmo padrão, sugerindo que a precipitação estimula um maior investimento em biomassa, como observado nos meses de janeiro a maio (Fig. 3).

O comportamento fenológico de espécies de cerrado é geralmente regulado pela sazonalidade climáticas (BORCHERT 1994; LE-ROUX e BARIAC 1998); essas espécies usam as reservas hídricas para formação de estruturas reprodutivas e biomassa vegetativa no início da estação chuvosa (LÜTTGE 1997).

Algumas espécies vegetais do cerrado promovem a queda de folhas na estação seca, no sentido de diminuir a taxa transpiratória. A taxa de queda de folhas durante a estação seca é correlacionada com o declínio da umidade do solo e o aumento do estresse hídrico (REICH e BORCHERT 1982). De acordo com esses autores, a simultânea floração e frutificação das espécies durante a estação seca são indicadores de chuvas isoladas, onde a re-hidratação dos tecidos é crucial para a emissão de novas brotações durante a estação seca (BORCHERT 1994). Essa talvez possa ser a causa do florescimento e frutificação apresentado por *C. cereifera* durante a estação seca (Fig.4). Essa precipitação pode não ter sido registrada pela estação meteorológica já que a mesma dista 30 Km da área de estudo. O florescimento é um fenômeno fenológico que também pode ser regulado pelo fotoperíodo, e fatores ambientais, como comprimento do dia e temperatura (VINCE-PRUE 1975; LÜTTGE 1997; TAIZ e ZEIGER 1998). No entanto, em *C.cereifera* há necessidade estudos posteriores para comprovação do evento.

Hormônios como giberelina estimulam a floração em algumas espécies. Segundo TAIZ e ZEIGER (1998), a giberelina também pode influenciar na determinação sexual das plantas, a exposição a dias curtos e noites frias aumentam os níveis endógenos de giberelina favorecendo a formação de flores femininas em milho. O estudo da biologia reprodutiva de *C.cereifera* revelou a existência de polígamo-dioicia na espécie. Nesse sentido, a giberelina poderá estar favorecendo ou inibindo a formação de flores pistiladas ou estaminadas. influenciando na determinação sexual de *C. cereifera*. No entanto, estudos a cerca da influência hormonal na espécie devem ser realizados.

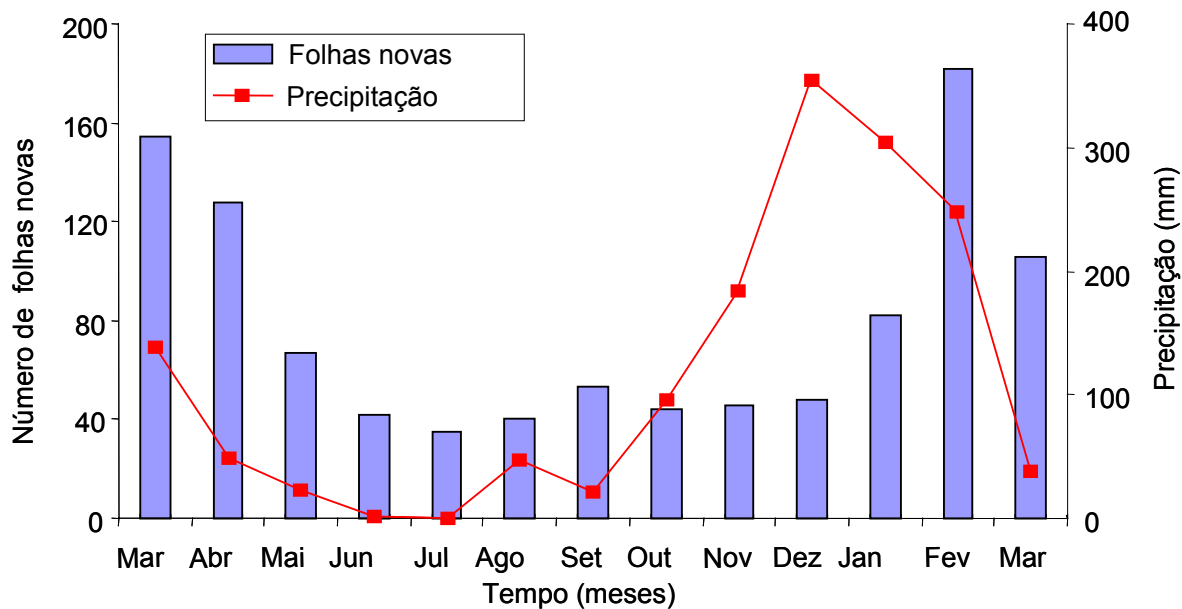


Figura 3 - Fenologia vegetativa de *Coccoloba cereifera* para o período de março de 2001 a março de 2002, em trinta indivíduos amostrados na Serra do Cipó - MG.

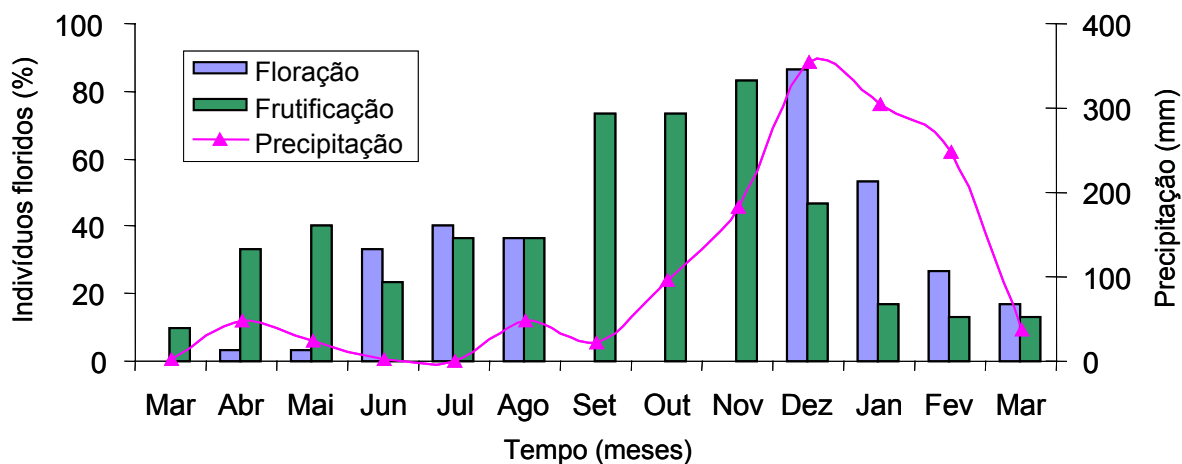


Figura 4 - Fenologia reprodutiva de *Coccoloba cereifera* para o período de março de 2001 a março de 2002, em trinta indivíduos amostrados na Serra do Cipó - MG.

3.2 - Avaliações em Casa de Vegetação

Desidratações controladas em indivíduos de *C. cereifera* foram realizadas em casa de vegetação e o efeito do estresse foi avaliado mediante determinações do potencial hídrico. Para o período do experimento, a temperatura máxima foi de 33°C, registrada na primeira semana, e a mínima foi de 18°C, registrada na quinta semana. Nesse mesmo período, a radiação global máxima foi de 480 MJ, registrada na primeira semana e 50 MJ, na quinta semana.

O contínuo decréscimo do Ψ_w foliar apresentado por *C. cereifera* durante as quatro semanas de experimento tenta retratar o comportamento da espécie em condições de campo (Fig. 6).

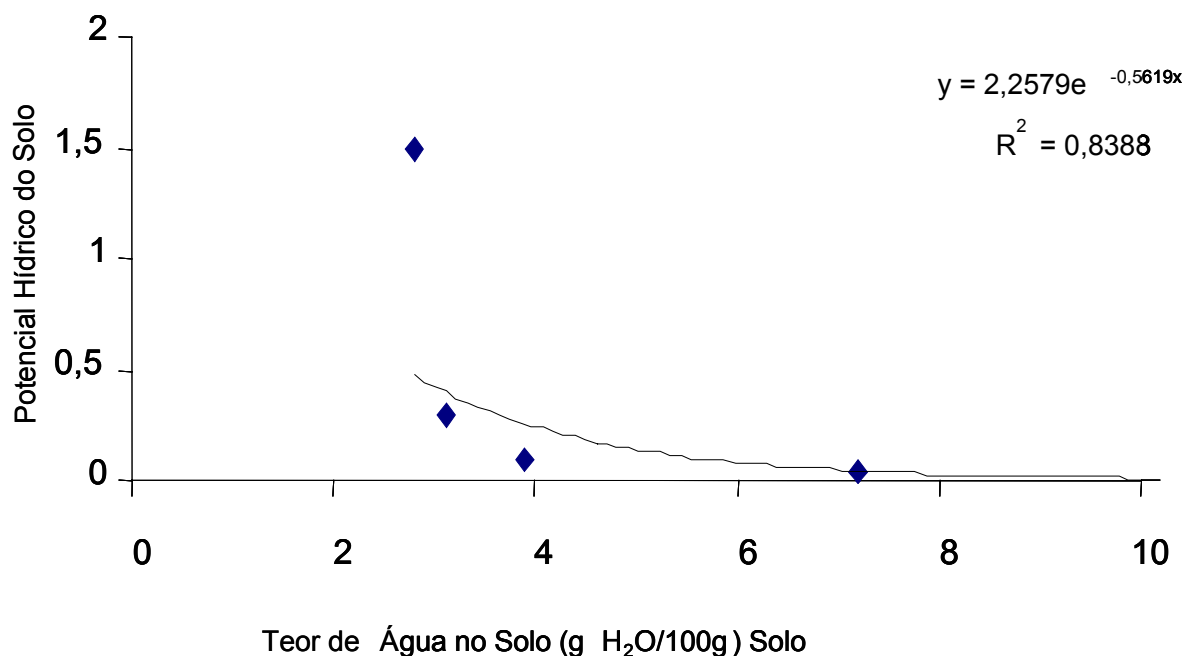


Figura 5 – Curva de retenção de umidade do solo da Serra do Cipó – MG.

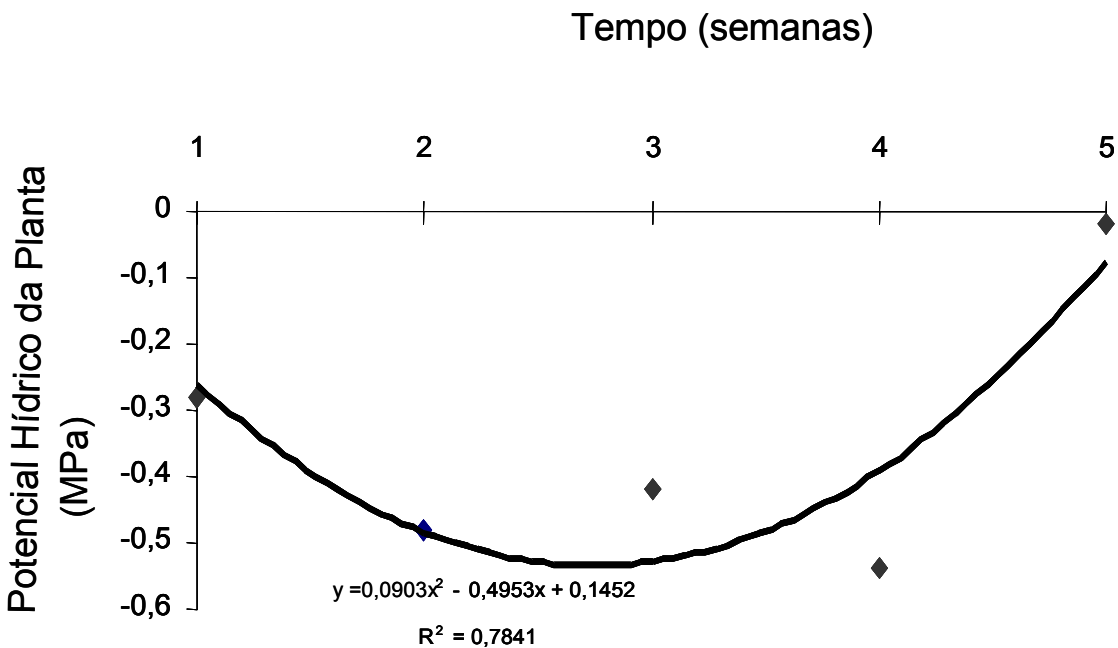


Figura 6 - Efeitos do estresse hídrico severo (ES), sobre o potencial hídrico foliar em *Coccoleba cereifera* no horário da antemanhã. Unidade de Crescimento de Plantas -UFV, Viçosa - MG.

Plantas submetidas à deficiência hídrica reduzem a taxa de assimilação de CO₂, a taxa de transpiração e a condutância estomática, bem como, Ψ_w foliar mais negativos (SASSAKI et al. 1997). A recuperação total do Ψ_w foliar apresentado por *C. cereifera* após a re-hidratação (Fig. 6) é semelhante ao comportamento apresentado por *Stryphnodendron adstringens*, submetida ao estresse hídrico (ROCHA e MORAES 1997).

Experimentos realizados em casa de vegetação diferem daqueles conduzidos em condições de campo, uma vez que a biomassa das raízes pode exaurir mais rapidamente a água contida no solo dos vasos (ROCHA e MORAES 1997). Apesar da ocorrência da mortalidade de oito plantas submetidas ao estresse severo, os resultados apresentados por *C. cereifera* sugerem que, em condições naturais essa espécie possa suportar períodos superiores a 30 dias de seca sem sofrer danos irreversíveis.

Os valores obtidos para a condutância estomática g_s de *C. cereifera* submetida aos tratamentos, são apresentados na (Fig. 7). Para a condutância estomática não houve

interação entre tempo e tratamentos ($F_{(72,6)} = 2,073; p=0,06$), mas houve diferença significativa devido aos tratamentos ($F_{(24,2)} = 11,25; p < 0,01$) e devido ao tempo ($F_{(72,3)} = 13,83; p < 0,01$)

A g_s não apresentou diferenças significativas nos tratamentos de CC e EM, mas apresentou um declínio quando submetida a condições de ES, sugerindo que nessas condições há um fechamento de estômatos. Em condições de ES, quando a planta atinge o potencial hídrico de -0,6 MPa, observa-se que essa restrição estomática atinge os menores níveis. A re-irrigação provoca uma recuperação de 80% da função estomática e essa recuperação é total em condições de EM.

O controle estomatal efetivo é uma forma de manter o crescimento em condições de estresse hídrico (REICH e BORCHERT 1988). PEREZ e MORAES (1991) observaram uma diminuição significativa dos valores da g_s para a época seca em que os estômatos permaneceram fechados durante algumas horas do dia coincidindo com menores valores do Ψ_w foliar, tal como observado em *C. cereifera*. No entanto, há estudos que sugerem que a condutância estomática não tem dependência direta com o suprimento de água no solo, o estômato fecha-se mesmo quando há um bom abastecimento de água (DAVIES e ZHANG 1991).

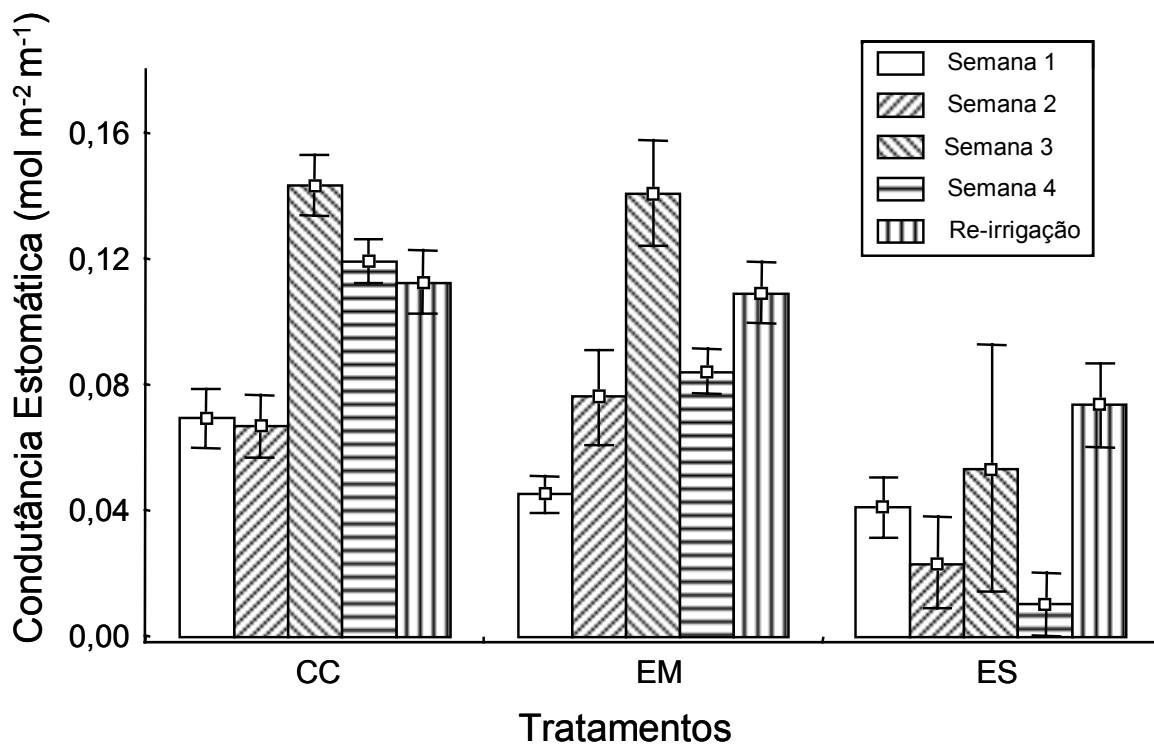


Figura 7 - Condutância estomática (gs) em indivíduos de *Coccoleba cereifera* submetidos a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas-UFV, Viçosa-MG.

Na taxa transpiratória foi encontrada diferença significativa para o tratamento ($F_{(24,2)} = 19,044$; $p < 0,01$) e não significativo para o tempo ($F_{(72,3)} = 2,95$; $p = 0,038$). Quando se compara o tratamento com a re-irrigação observa-se que houve diferença significativa na interação ($F_{(24,2)} = 12,35$; $p < 0,01$).

A taxa transpiratória acompanhou o comportamento apresentado pela condutância estomática, ou seja, não apresentou diferença entre os tratamentos CC e EM. Para o tratamento ES, as restrições da taxa transpiratória estão aliadas à condutância estomática. O que pôde ser observado após a re-irrigação, quando ocorreu aumento da condutância estomática (Fig.7) e transpiração (Fig.8).

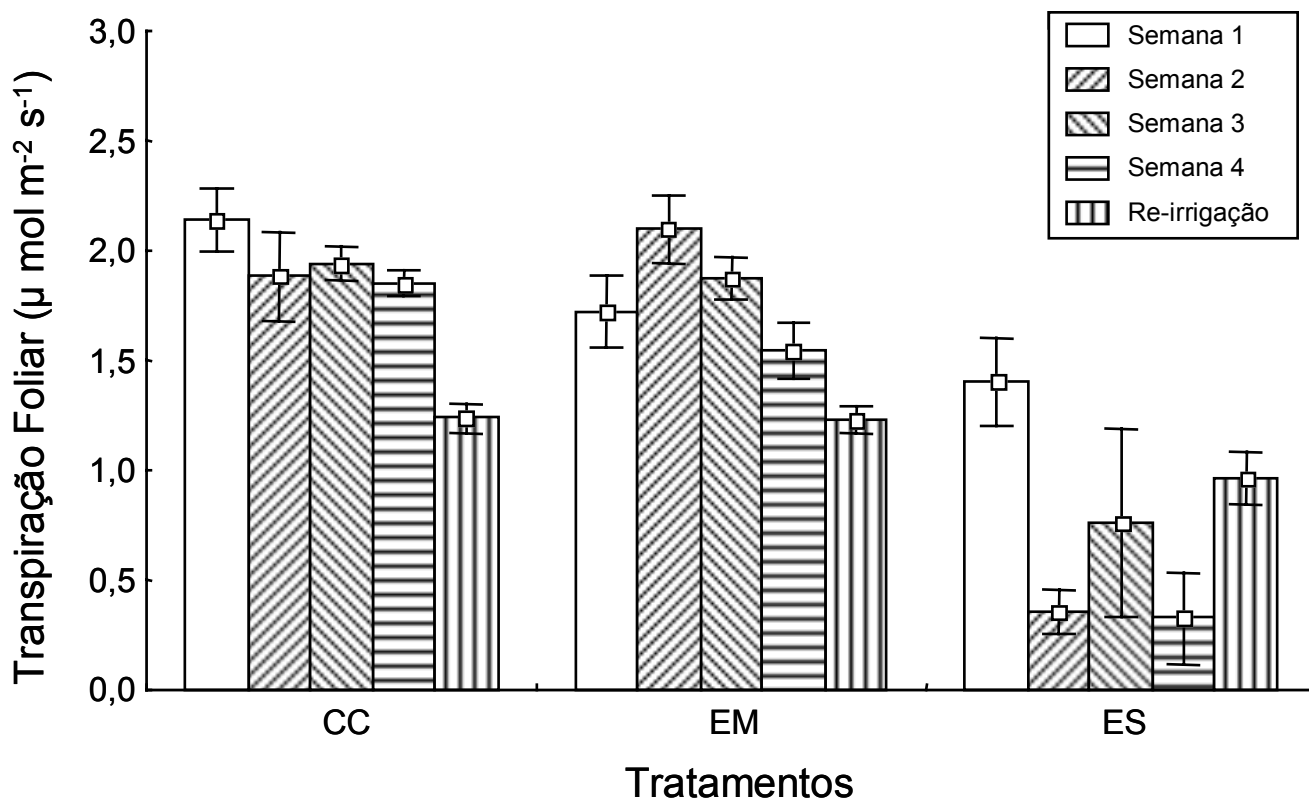


Figura 8 - Taxa transpiratória (E) em indivíduos de *Coccoleba cereifera* submetidos a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas -UFV, Viçosa-MG.

Para as plantas de cerrado que possuem sistema radicular superficial e que as camadas superficiais do solo estão submetidas a déficit hídrico constantes, a restrição à transpiração durante as horas mais quentes do dia é um importante mecanismo para evitar a perda excessiva de água (Rachid 1947, citado por SASSAKI et al. 1997), tal como observado em *C. cereifera* no estresse severo (Fig.8)

Os efeitos do déficit hídrico sobre a taxa fotossintética de *C. cereifera*, estão apresentados na (Fig. 9). Observa-se que as flutuações da A (Fig. 9) está diretamente relacionada com as flutuações da g_s (Fig. 7).

Houve diferença significativa na interação do tratamento com o tempo ($F_{(72,6)} = 3,96$; $p < 0,01$) e para a interação do tratamento com a re-irrigação ($F_{(24,2)} = 11,65$; $p < 0,01$).

O estresse severo foi o que apresentou maiores variações com relação taxa de assimilação de CO_2 . Essa variação da taxa fotossintética foi acompanhada pela variação condutância estomática (Fig. 7), acarretando assim, um decréscimo na fotossíntese líquida da planta. Os tratamentos de CC e EM tiveram comportamento semelhantes, as oscilações da primeira e segunda semana para EM, podem estar relacionadas ao ajuste da planta a essa condição. O estresse severo apresentou variações acentuadas e a re-irrigação recuperou cerca de 90% da taxa fotossintética, sugerindo que em condições de déficit hídrico a planta restringe a fotossíntese, mas a recupera tão logo o suprimento de água no solo esteja adequado.

ORT et al. (1994) relataram que há um declínio na capacidade fotossintética das folhas durante a metade da manhã e também à tarde. Até às 9:00 horas, normalmente, a incidência da radiação é em torno de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Plantas irrigadas ou submetidas ao déficit hídrico têm geralmente alto Ψ_w foliar. Mas no meio da tarde, quando normalmente a incidência luminosa é muito maior, observa-se que a capacidade fotossintética cai drasticamente, devido ao fechamento dos estômatos.

Observa-se nas plantas submetidas ao ES as taxas de A , E e g_s foram reduzidas, bem como o Ψ_w foliar. Quando a A esteve próxima de zero (quarta semana) foi procedida a rega e constatou-se recuperação acentuada. Isto sugere que o mesófilo foliar, provavelmente, não foi afetado durante o estresse, já que a recuperação da A acompanhou de maneira direta o aumento dos valores de g_s (ROCHA e MORAES 1997).

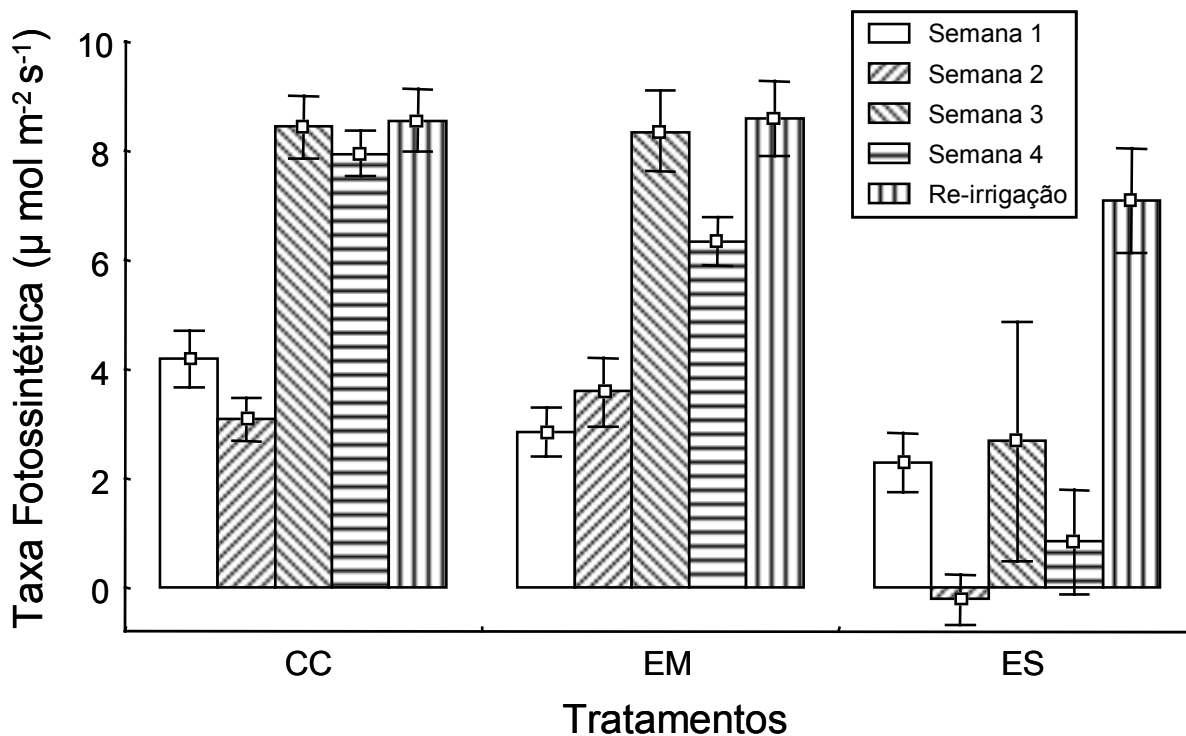


Figura 9 - Taxa fotossintética (A) de indivíduos de *Coccoleba cereifera* submetidos a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas-UFV, Viçosa-MG.

A Eficácia do Uso da Água (EUA) refere-se à quantidade de CO₂ absorvido, por unidade de água transpirada pela folha, durante o período de estresse. Em *C.cereifera* foi verificado comportamentos semelhantes para os tratamentos CC e EM em relação a EUA. Houve diferença significativa na interação de tempo e tratamento ($F_{(72,6)} = 6,98$; $p < 0,01$) e na interação de tratamento e re-irrigação ($F_{(24,2)} = 22,57$; $p < 0,01$).

O ES apresentou variação significativa acompanhada por reduções na A (Fig.9) e E (Fig.8) para o mesmo tratamento. As baixas taxas de EUA na segunda e terceira semanas podem estar relacionada ao ajuste da planta ao estresse severo. Esse declínio paralelo entre A e E podem ter contribuído para a ligeira recuperação da EUA na quarta semana (Fig.10).

Os baixos valores de EUA no ES acompanhados do declínio de A, possivelmente, podem ser compensados em campo pela elevada biomassa foliar produzida pela espécie (KUKI 1997).

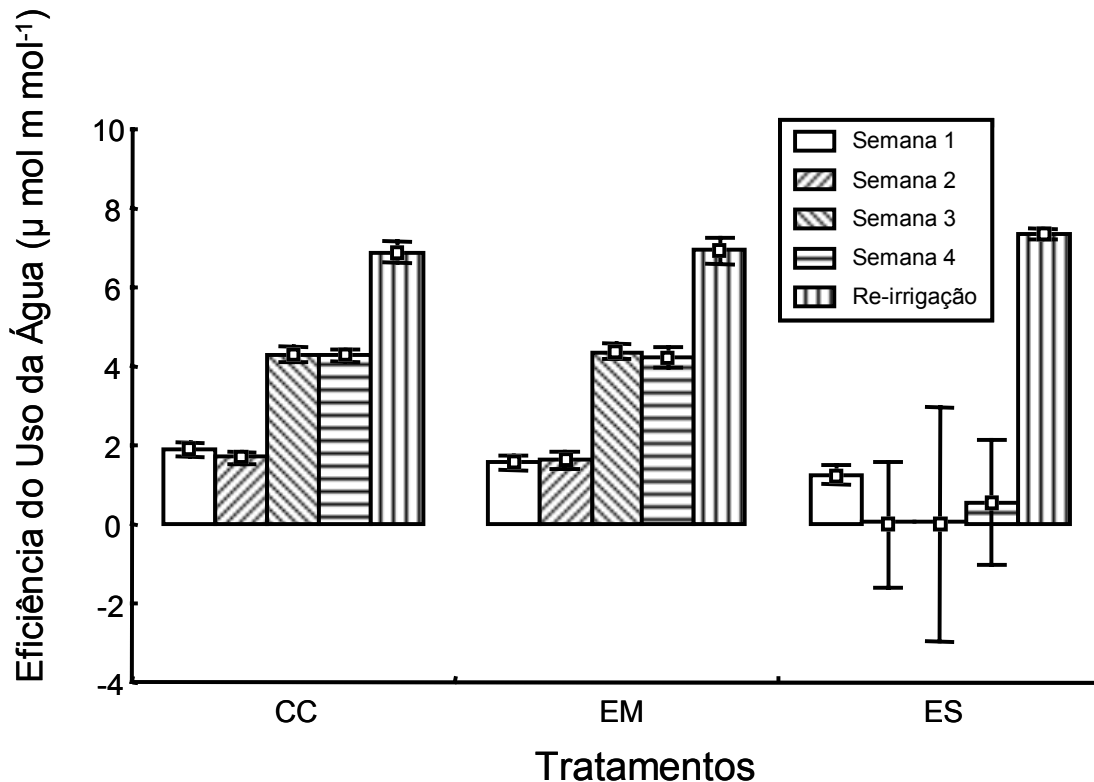


Figura 10 - Eficiência do Uso da Água (EUA) em indivíduos de *Coccothoba cereifera* submetida a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas-UFV, Viçosa-MG.

ROCHA e MORAES (1997) reportaram que *Stryphnodendron adstrigens* conseguiu reduzir o consumo de água mais que a absorção de CO_2 , obtendo assim valores significativos para EUA.

Os efeitos do estresse hídrico sobre a relação Ci/Ca de *C.cereifera* estão representados na (Fig. 11). Essa relação não foi significativa para os tratamentos, mas foi significativo em relação ao tempo ($F_{(72,3)} = 5,31$; $p < 0,01$) e para a interação de tratamento e re-irrigação ($F_{(24,1)} = 15,6$; $p < 0,01$).

Os tratamentos CC e ES comportaram-se de maneira semelhante para a relação Ci/Ca . Para o ES, os altos valores da relação Ci/Ca na segunda semana (Fig. 11), foram acompanhados por valores negativos de A na mesma semana (Fig.9).

Quando ocorre a re-irrigação há um declínio da relação C_i/C_a (Fig. 11), ao passo que A aumenta (Fig. 9). Ou seja, A aumenta proporcionalmente ao aumento da g_s acarretando, assim, queda na concentração de CO_2 interno, como pode ser observado em *C. cereifera*, sugerindo assim, que a espécie consegue se ajustar à relação C_i/C_a pela limitação estomática.

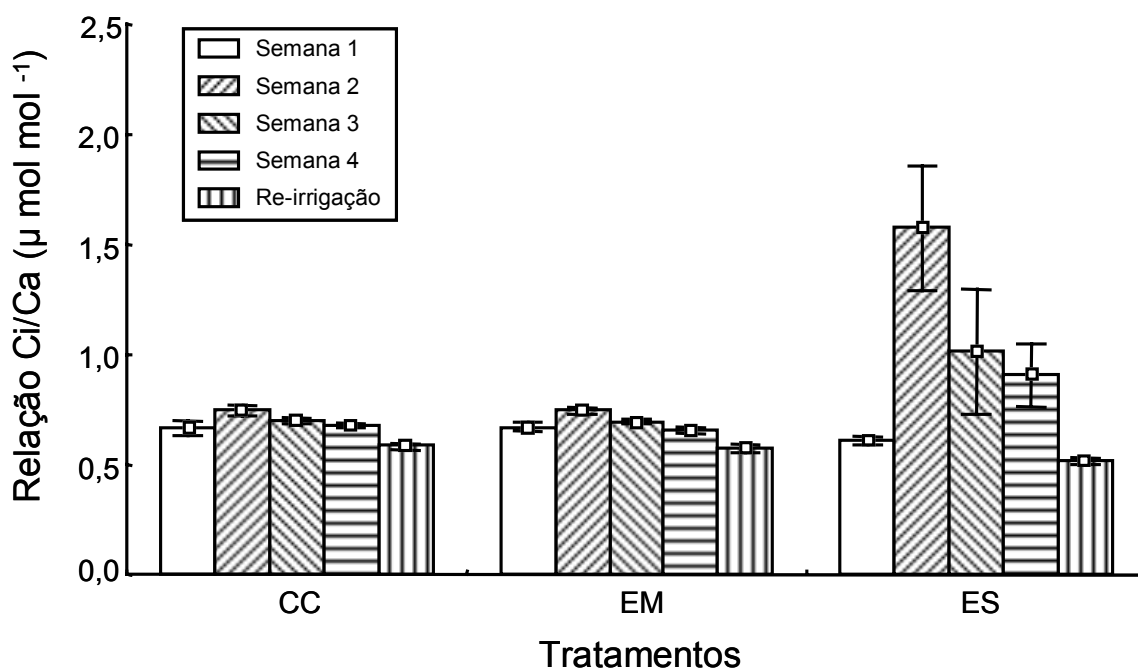


Figura 11 - Relação C_i/C_a em indivíduos de *Coccoloba cereifera* submetida a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM: e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas-UFV, Viçosa-MG.

Em *C. cereifera* não houve modificação significativa na razão F_v/F_m ($F_{(46,4)} = 2,24$; $p = 0,07$) e nem para a interação do tratamento e a re-irrigação ($F_{(24,2)} = 1,94$; $p = 0,16$), (Fig.9). No entanto, os valores do rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m), apresentou valores inferiores a 0,83 na segunda semana do experimento para todos os tratamentos.

Segundo LÜTTGE et al. (1998), em trabalhos com espécies de campo rupestre da Serra do Cipó e cerrado, foi considerado fotoinibição as folhas que apresentaram valores de Fv/Fm inferiores a 0,83 após adaptação ao escuro por 30 minutos. Considerando estes critérios, os dados apresentados por *C. cereifera* apontam para a presença de fotoinibição na segunda semana, para todos os tratamentos, com recuperação nas semanas seguintes. No tratamento do ES, aponta para outra fotoinibição na quarta semana com recuperação após a re-irrigação (Fig. 12). Os valores inferiores a 0,83 apresentados por *C. cereifera* na segunda semana podem estar relacionado ao ajuste da planta às condições de EM e ES. Esses resultados estão de acordo com as afirmações de LEMOS-FILHO (2000), que também observou valores de Fv/Fm inferiores a 0,83 para três espécies de cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*). Salientando que na estação seca ocorre severa restrição às trocas gasosas, com diminuição da condutância estomática e da fotossíntese líquida e, por consequência, redução na eficiência quântica do transporte de elétrons não cíclicos, tal como ocorre em *C. cereifera*.

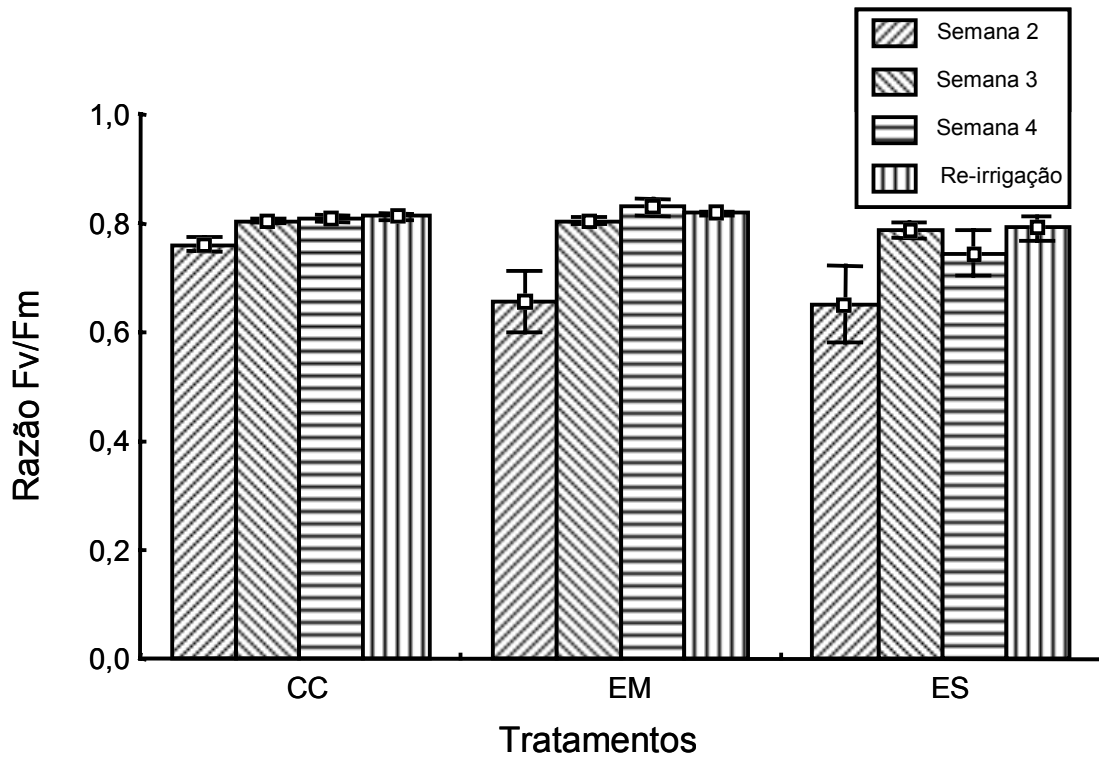


Figura 12 - Eficiência fotoquímica em indivíduos de *Coccoleba cereifera* submetida a estresse hídrico: Capacidade de Campo-CC, Estresse Moderado-EM e Estresse Severo-ES. Unidade de Crescimento de Plantas-UFV, Viçosa-MG.

4 - CONCLUSÕES

1. Os resultados do potencial hídrico foliar nas estações seca e chuvosa sugerem uma boa conservação de água pela planta, não permitindo uma redução significativa durante a estação seca.
2. A fenologia de *C. cereifera* apresentou dois picos de floração durante o ano, os resultados sugerem uma estreita relação da floração com a disponibilidade hídrica do solo. A frutificação esteve presente durante todo o ano
3. Nas avaliações do efeito do estresse hídrico sobre as trocas gasosas de *C. cereifera*, os tratamentos de capacidade de campo e estresse moderado tiveram comportamento semelhante para todos os parâmetros avaliados, mas no tratamento do estresse severo observou-se variação significativa para todos os parâmetros, com acentuada recuperação destes após a re-irrigação.
4. A eficiência fotoquímica das folhas sofreu variações pouco significativas na segunda semana, no entanto houve recuperação total nas semanas seguintes para todos os tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORCHERT, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology** 75:1437-1499.
- CORNIC, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. Pp. 297-313. In **Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field**. N. R. Baker e J. R. Bowyer (eds.). Oxford, Bios Scientific Publishers.
- DAVIES, W. J.; ZHANG, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 42:55-76.
- FOYER, C. H.; MULLINEAUX, P. M. 1994. **Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants**. London, CRC, 395p.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. **Plant Physiol.** 42:113-149.
- KUKI, K. N. 1997. **Efeito de estresses hídrico e salino sobre algumas espécies nativas de restinga**. 78p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, Rima Artes e Textos, 531p.
- LEMONS-FILHO, J. P. 2000. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Rev. Bras. Bot.** 23:45-50.
- LE-ROUX, X.; BARIAC, T. 1998. Seasonal variations in soil, grass and shrub water status in west African humid savanna. **Oecologia** 113:456-466.
- LÜTTGE, U. 1997. **Physiological ecology of tropical plants**. Germany, Springer-Verlag. 384p.
- LÜTTGE, U.; HARIDASAN, M.; FERNÁNDES, G. W.; MATOS, E. A.; TRIMBORN, P.; FRANCO, A. C.; CALDAS, L. S.; ZIEGLER, H. 1998. Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil. **Trees** 12:167-174.
- MIELKE, M. S.; OLIVA, M. A.; BARROS, N. F.; PENCHEL, R. M.; MARTINEZ, C. A.; ALMEIDA, A. C. 1999. Stomatal control of transpiration in the canopy of a clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees** 13:152-160.
- MIELKE, M. S.; OLIVA, M. A.; BARROS, N. F.; PENCHEL, R. M.; MARTINEZ, C. A.; FONSECA, S.; ALMEIDA, A. C. 2000. Leaf gas exchange in a clonal eucalypt plantation as related to soil moisture, leaf water potential and microclimate variables. **Trees** 14:263-270.
- MILANEZ, F. R. 1951. Nota sobre a anatomia da folha de *Coccoloba cereifera* Schwake. **Rodriguésia** 14:23-39.
- MORAES, J. A. P. V.; PEREZ, S. C. J. G. A. ; CARVALHO JR., L. F. 1989. Curso diário do potencial da água e da resistência estomática em plantas do cerrado. **Ann. Mo. Bot. Gard.** 27:13-23.
- MORAN J. F.; BECANA, M.; ORMAETXE, I. I.; FRECHILLA, S.; KLUCAS, R. V.; APARICIO-TEJO, P. 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. **Planta** 194:346-352.

- ORT, D. R.; OXBOROUGH, K., WISE, R. R. 1994. Depressions photosynthesis in crops with water deficits. Pp. 313-329. In: **Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field**. N. R. Baker & J. R. Bowyer (eds.). Oxford, Bios Scientific Publishers.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. 1991. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal** 3:27-37.
- REICH, P. B.; BORCHERT, R. 1982. Phenology and ecophysiology of tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). **Ecology** 63:294-299.
- REICH, P. B.; BORCHERT, R. 1988. Changes with leaf age in stomatal and water status of several tropical tree species. **Biotropica** 20:60-69.
- RIZZINI, C. T.; HERINGER, P. H. 1966. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. **Ann. Acad. Bras. Ciências** 38:85-112.
- ROCHA, A. M. S.; MORAES J. A P. V. 1997. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal** 9:43-48.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1992. **Plant Physiol**. Wadsworth, 4 ed. Belmont. 549p.
- SASSAKI, R. M.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A.; FELIPPE, G. M. 1997. Effect of water deficiency on photosynthesis of *Dalbergia miscolobium* Benth., a cerrado tree species. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal** 9:83-87.
- SLATYER, R. O. 1967. **Plant water relationship**. New York, Academic Press. 336p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. **Plant physiology**. Massachusetts, 2rd Sinauer. 792p.
- VINCE-PRUE, D. 1975. **Photoperiodism in plants**. London, Mc Graw Hill. 245p.
- ZAR, J. H. 1999. **Bioestatistical analysis** New Jersey, 4rd. Princt-Hall. 663p.

CAPÍTULO II: BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Coccoloba cereifera* Schwacke (Polygonaceae)

1 - INTRODUÇÃO

A família Polygonaceae abriga cerca de 46 gêneros e 1100 espécies, distribuídas em todo o mundo (MABBERLEY 1997). De acordo com esse autor, o gênero *Coccoloba* possui cerca de 120 espécies; 44 delas ocorrem no Brasil, sendo o gênero de maior representatividade no território nacional (MELO 2000).

Coccoloba cereifera Schwacke é endêmica da Serra do Cipó, localizada no Estado de Minas Gerais, e ameaçada de extinção (RIBEIRO e FERNANDES 1999; MENDONÇA e LINS 2000). Essa espécie apresenta distribuição agregada numa área de 26 Km², em altitudes de 1200 a 1300 m e está associada a solos arenosos, com afloramentos rochosos e pobres em nutrientes (RIBEIRO e FERNANDES 1999, 2000).

Estudos sobre a biologia reprodutiva de angiospermas visam conhecer os modos de propagação, sexuais ou assexuais, dessas plantas. O conhecimento da biologia reprodutiva de espécies ameaçadas de extinção é essencial para subsidiar estratégias de conservação, pois as populações remanescentes são fornecedoras de sementes e/ou propágulos para as futuras gerações (BERNADELLO et al. 1999). Para essas espécies, se inexistir a reprodução assexuada, o estabelecimento de novos indivíduos na população, dependerá de vários fatores, dentre eles, da polinização e da dispersão de diásporos em locais apropriados (KAYE 1999). Segundo esse autor, a quebra de qualquer elo no ciclo reprodutivo pode contribuir para sua raridade e impedir a sua conservação.

Estudos que abordem aspectos da biologia reprodutiva de espécies de *Coccoloba* são escassos. MELO (2000), em seu trabalho sobre as Polygonaceae da Cadeia do Espinhaço, na qual localiza-se a Serra do Cipó, descreveu o gênero como monóico ou dióico. MADRIZ e RAMÍREZ (1997), analisando a biologia reprodutiva de *Coccoloba uvifera*,

registraram polígamo-dioícia, autocompatibilidade e polinização por pequenos himenópteros. Espécies polígamo-dióicas apresentam indivíduos com flores masculinas, outros com flores femininas e outros com flores hermafroditas (MURCIA 2002). SILVA et al. (2002) registraram esse polimorfismo floral em *Coccoloba cereifera*.

Visando subsidiar futuras estratégias de conservação de *C. cereifera*, os objetivos do presente estudo foram: verificar a sua fenologia reprodutiva; analisar a sua morfologia e biologia floral, analisar o seu sistema reprodutivo e identificar os seus visitantes florais.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

O estudo foi realizado no período de março de 2001 a dezembro de 2002, na Serra do Cipó, município de Santana do Riacho, Minas Gerais, na reserva particular "Vellozia". Essa reserva localiza-se na rodovia MG-010, km 108,5 (19°16'44"S e 43°35'23"W), a uma altitude de 1200m e sua vegetação é esclerófila (cf . RIZZINI 1979). Foram estudados dois agrupamentos de indivíduos de *C. cereifera*, distantes entre si 177 metros.

Dados climatológicos, tais como, precipitação total mensal e temperaturas máximas e mínimas absolutas, para o período de observação, foram obtidos da estação meteorológica mais próxima da área de estudo (30 Km). Essa estação localiza-se no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, e os dados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia de Belo Horizonte. A temperatura máxima absoluta registrada foi de 35,6°C, em setembro de 2001, e mínima absoluta de 6,5°C, em julho de 2001. A máxima precipitação total mensal foi de 354,4 mm, em dezembro de 2001, e a precipitação mensal mínima foi de 0,3 mm, em julho de 2001. A pluviosidade anual para o período foi de 1467,5 mm.

2.2 - Espécie Estudada

Coccoloba cereifera possui porte herbáceo-arbustivo, medindo de 0,5 a 3 metros de altura, e apresenta xilopódio e raízes gemíferas (RIZZINI e HERINGER 1966). Essas raízes são responsáveis pela propagação vegetativa dessa espécie (RIBEIRO e FERNANDES 1999). As folhas são curto-pecioladas, de cor violácea, fortemente coriáceas e apresentam espessa camada de cera prateada na lâmina e ócrea coriácea (MELO 2000); sua disposição é ascendente, provavelmente para minimizar o estresse da insolação direta. As inflorescências são espiciformes, terminais ou subterminais, eretas ou ligeiramente pendentes, com centenas de flores. O fruto é aquênio e o diásporo é carnosos, de cor violácea e consiste de aquênio e perigônio acrescente; a semente apresenta endosperma ruminado (BARROSO et al. 1978).

Espécimes testemunhos de *C. cereifera* foram depositados no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (nºs 26620, 26621, 26622, 26623).

2.3 - Fenologia Reprodutiva

As observações fenológicas foram realizadas no período de março de 2001 a março de 2002, na primeira quinzena de cada mês. Foram etiquetados 30 indivíduos, escolhidos ao acaso. A distância mínima entre os indivíduos marcados foi de três metros (evitando-se, assim, os clones formados pelas raízes gemíferas; RIBEIRO e FERNANDES 1999). Foram registradas as presenças de botões florais, de flores abertas e de frutos.

2.4 - Morfologia e Biologia Floral

Durante o período de estudo, foram etiquetados todos os indivíduos floridos, distantes três metros entre si, para identificação do tipo floral de cada indivíduo. Os diferentes tipos florais foram analisados e medidos no campo e flores foram coletadas para a análise complementar em laboratório. Essas flores foram mantidas em álcool 70% e analisadas com auxílio de microscópio estereoscópio. As inflorescências, de cada tipo floral, foram medidas (comprimento) e foi contado o número de flores por inflorescência. Essa contagem foi realizada em inflorescências secas, utilizando-se os pedicelos florais persistentes. Diásporos carnosos, totalmente desenvolvidos, de flores femininas e hermafroditas, foram medidos (comprimento e diâmetro).

No estudo sobre a biologia floral foram registrados o horário da antese, a longevidade floral, a presença de néctar, a viabilidade do pólen e a receptividade do estigma, em cada tipo floral. A viabilidade dos grãos de pólen foi testada utilizando-se o Carmim Acético (RADFORD et al. 1974). Para tanto, botões florais em pré-antese foram conservados em álcool 70%. Foram coletados 25 botões de cada tipo floral, cinco botões em cinco diferentes indivíduos, totalizando 100 botões. De cada botão foi feita uma lâmina e contados no máximo 200 grãos de pólen. A presença de néctar foi verificada por meio de capilares e a receptividade do estigma foi testada usando peróxido de hidrogênio a 3% (DAFNI 1994), durante o período de longevidade das flores.

2.5 - Sistema Reprodutivo

2.5.1 - Testes de Polinização

Foram realizados os seguintes tratamentos, de acordo com a metodologia de KEARNS e INOUE (1993): a) autopolinização espontânea – inflorescências jovens, de cada tipo floral, foram ensacadas e permaneceram assim até a frutificação ou queda das flores; b) polinização aberta – inflorescências, de cada tipo floral, foram etiquetadas e as flores ficaram expostas aos visitantes; e c) polinização cruzada – inflorescências jovens femininas foram ensacadas, e, em cada uma, cinco flores foram polinizadas com grãos de pólen de outros indivíduos (hermafroditas e masculinos). Os sacos foram confeccionados com tecido do tipo organza. Nos tratamentos a e b, a porcentagem de frutificação foi calculada considerando-se o número médio de flores por inflorescência.

Para verificar o crescimento de tubos polínicos, flores, de cada tipo floral, foram polinizadas (autopolinização, exceto as femininas, e polinização cruzada). A polinização cruzada foi realizada entre flores, de diferentes indivíduos, de um mesmo tipo floral e entre flores de tipos florais diferentes. Após 12 e 24 horas do tratamento, as flores foram conservadas em álcool 70%. Posteriormente, o pistilo de cada flor foi analisado em microscopia de fluorescência (OLYMPUS AX 70), utilizando-se a técnica de MARTIN (1959).

2.5.2 - Germinação de Sementes

Para o estudo da germinação de sementes, 100 diásporos com perigônio seco, resultantes de polinizações naturais, foram coletados e colocados em placas de petri de 9 cm de diâmetro sobre papel de filtro umedecido com água destilada (cinco repetições com 20 sementes). Os diásporos foram mantidos em câmara de germinação (MA 402 MARCONI)

durante 30 dias, a temperatura de 25°C constante e fotoperíodo de 12 horas. Foi considerado como parâmetro para detecção da germinação a protusão da radícula (GODOY e FELIPPE 1992).

Para verificar se os diásporos apresentam dormência, foram realizados testes de germinação de sementes, nas seguintes condições: diásporos com perigônio carnosos e irrigados com água destilada; com perigônio carnosos removido e irrigados com solução de água destilada e perigônio carnosos, na concentração de 1:10; e com perigônio seco removido e irrigados com água destilada. Para cada teste, foram realizadas cinco repetições com 20 sementes, colocadas em placas de petri, sobre papel de filtro e mantidas em câmara de germinação nas mesmas condições mencionadas anteriormente. As sementes foram examinadas a cada 24 horas e foram também consideradas germinadas quando houve protusão da radícula. Foi avaliada a velocidade de germinação, calculada pela equação de Thoneberry e Smith, citados por CASTRO et al. (1999). A equação utilizada foi: $IVG = \sum ni (1/i)$, onde: ni = número de sementes germinadas no dia i ; e i = dia de contagem.

2.6 - Visitantes Florais

Os visitantes foram observados durante o dia. Eles foram capturados e, posteriormente, montados, identificados e incorporados no Museu de Entomologia do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Fenologia Reprodutiva

C. cereifera apresentou um acentuado pico de floração em dezembro e janeiro e outro menor entre junho e agosto; nos demais meses há baixa ou nenhuma produção de botões florais e/ou flores (Fig. 1). A floração registrada nos meses de dezembro a janeiro coincidiu com o período de maior pluviosidade (Fig. 1), fator que parece favorecer essa fenofase. A floração observada em junho a agosto, meses com os menores índices pluviométricos (Fig. 1), pode ser resultante de chuvas ocasionais na área de estudo, pois a estação meteorológica fornecedora dos dados climáticos dista 30 Km dessa área.

A frutificação ocorreu ao longo do ano, mas houve um pico nos meses de setembro a novembro (Fig. 1). Nesse período de pico, os frutos são, provavelmente, resultantes da floração ocorrida nos meses anteriores (junho a agosto). A frutificação de *C. cereifera* depende do indivíduo em floração (femininos ou hermafroditas) e, no presente estudo, os indivíduos amostrados não foram separados quanto aos tipos florais. Trabalhos complementares poderão esclarecer melhor a fenologia reprodutiva dessa espécie.

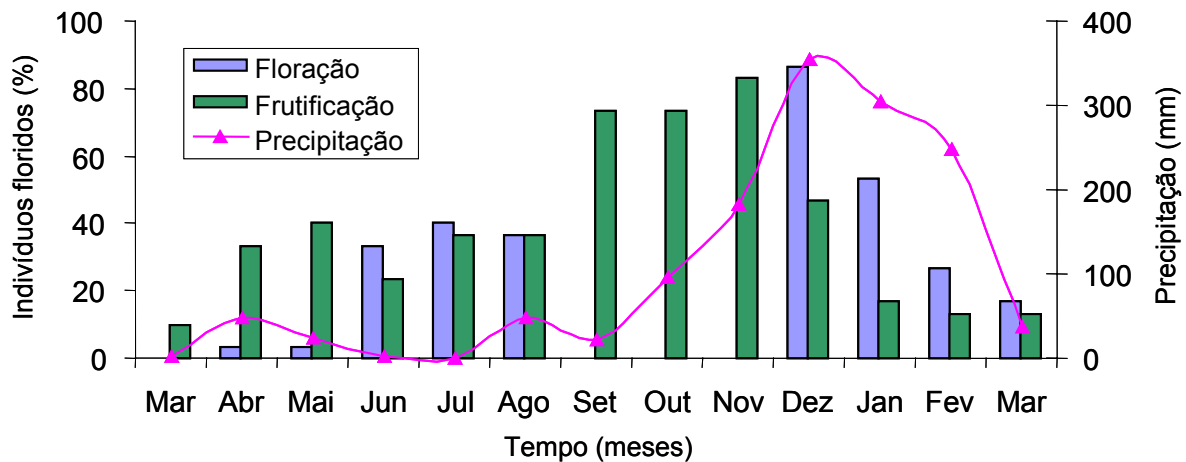


Figura 1 – Fenologia da floração e frutificação de *Coccoleba cereifera*, no período de março de 2001 a março de 2002, em trinta indivíduos, na Serra do Cipó, Santana do Riacho, Minas Gerais.

3.2 - Morfologia e Biologia Floral

C. cereifera (Fig. 2A) possui indivíduos com flores femininas (41,3% de 92 indivíduos amostrados; Fig. 3D), flores masculinas (16,3%; Fig. 3A) e flores hermafroditas (42,4%; Fig. 3B,C), caracterizando-a como polígamo-dióica *sensu* MURCIA (2002). Essa característica, de acordo com essa autora, é rara entre as angiospermas, registrada em apenas 9% delas.

Polígamo-dioicia em espécies de *Coccoleba* foi registrada pela primeira vez por MADRIZ e RAMÍREZ (1997), em *C. uvifera*. No entanto, esses autores verificaram, nessa espécie, monoiccia, além da dioiccia, o que não foi verificado em *C. cereifera* e em outras espécies polígamo-dióicas (MURCIA 2002). MELO (2000), em seu estudo taxonômico sobre as Polygonaceae da Cadeia do Espinhaço, não constatou o polimorfismo floral em *C. cereifera* e mencionou que as espécies de *Coccoleba* são monóicas ou dióicas. Essa autora desenvolveu o trabalho com material botânico herborizado e os seus resultados indicam que

os acervos científicos pesquisados podem estar pobremente ou incompletamente representados por espécies desse gênero com polimorfismo floral. Por outro lado, as flores femininas e masculinas de *Coccoloba* apresentam órgãos reprodutivos vestigiais do sexo oposto (MADRIZ e RAMÍREZ 1997; MELO 2002; Fig. 3A, D) e, no caso de *C. cereifera*, essas flores assemelham-se às hermafroditas (Fig. 3B, C), o que deve dificultar a determinação dos sexos florais, especialmente em material herborizado. Por isso, parece ser essencial, para esse grupo taxonômico, estudos sobre a sua biologia floral, tal como realizado no presente trabalho, pois outras espécies podem também ser polimórficas.

A presença de flores unissexuais com órgãos reprodutivos vestigiais do sexo oposto, como observado em *C. cereifera*, tem sido interpretada como um caminho evolutivo em direção ao dioicismo via hermafroditismo (BAWA 1980; RICHARDS 1986). Espécies monóicas e dióicas são consideradas de origem secundária (CRONQUIST 1988, MADRIZ e RAMÍREZ 1997) e derivadas de ancestrais com flores

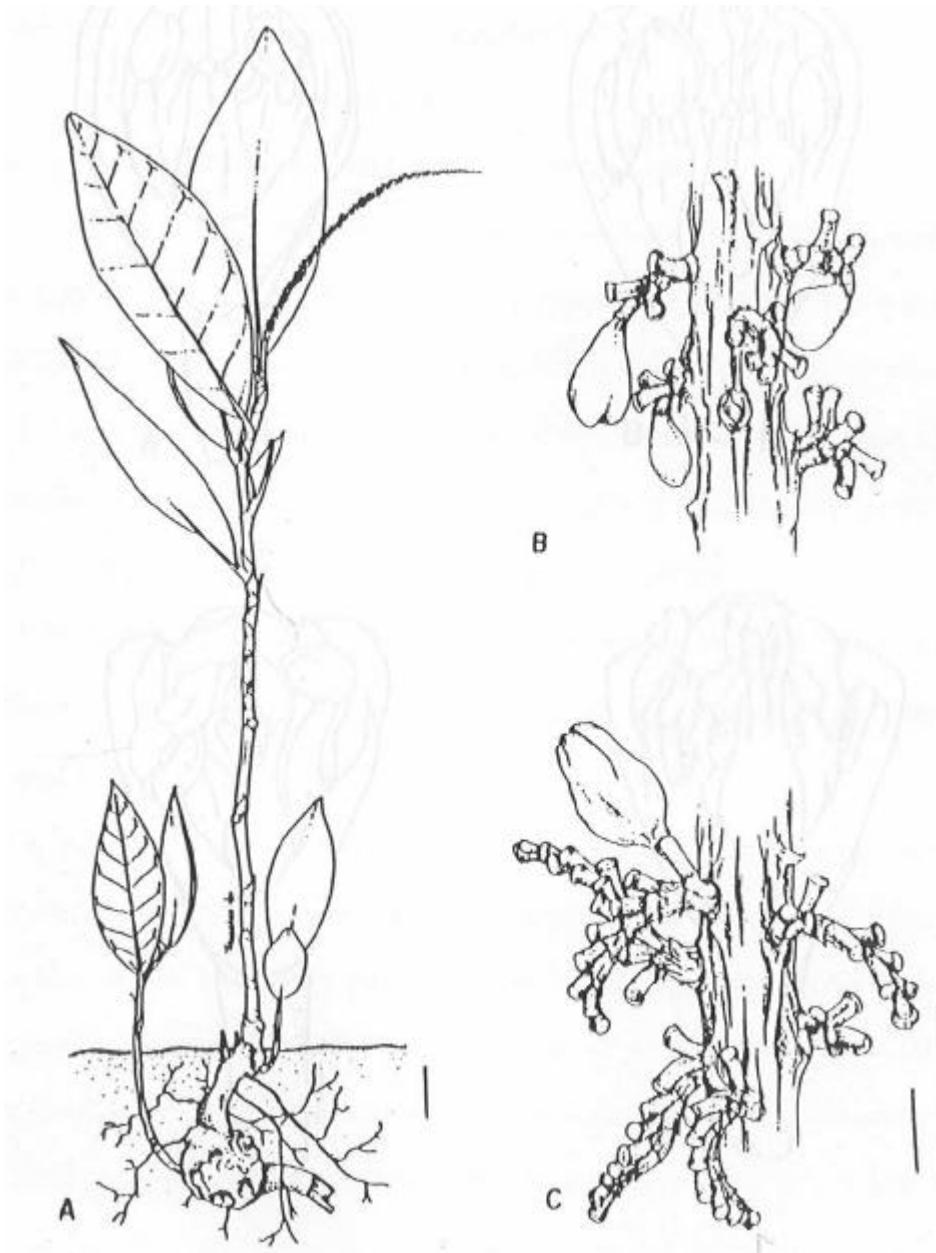


Figura 2 - *Coccoloba cereifera*: A - Hábito (barra = 20 mm); B – Parte de inflorescência de indivíduo feminino, com três botões florais e pedicelos florais persistentes; C – Parte de inflorescência de indivíduo masculino, com um botão floral e pedicelos florais persistentes (B e C, barra = 2 mm).

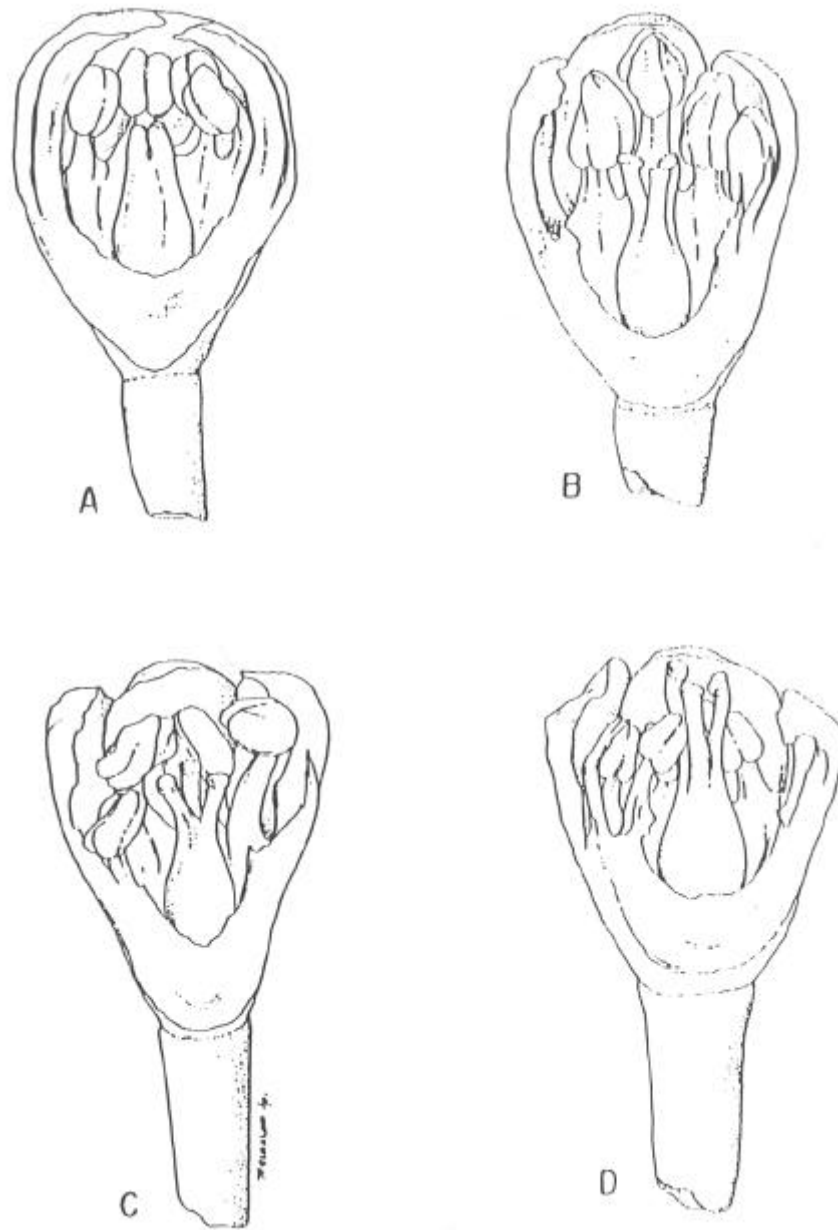


Figura 3 - Tipos florais de *Coccoleba cereifera*, em cortes longitudinais: A – Flor masculina. Observe o pistilódio localizado abaixo das anteras; B – Flor hermafrodita do tipo H1. Observe os estigmas localizados logo abaixo das anteras; C – Flor hermafrodita do tipo H2. Observe os estigmas localizados na altura mediana das antenas; D – Flor feminina. Observe os estigmas localizados acima dos estaminódios. Barra = 1 mm.

hermafroditas (CRONQUIST 1988). Reforçando o que foi postulado por BAWA (1980) e RICHARDS (1986), o dioicismo em Simaroubaceae, por exemplo, tem sido interpretado como oriundo da polígamo-dioicia (CRONQUIST 1988). Entretanto, para melhor compreensão dos caminhos evolutivos das Polygonaceae e, particularmente, das espécies de *Coccoloba*, há necessidade de estudos, enfocando aspectos reprodutivos dessas plantas, que, até os dias atuais, são praticamente desconhecidos.

Os indivíduos de *C. cereifera*, de um dado tipo floral, apresentaram a tendência de agrupar-se, provavelmente devido à reprodução vegetativa dessa espécie (cf. RIZZINI e HERINGER 1966). A baixa proporção de indivíduos masculinos, em relação aos femininos (1♂:2,5♀), sugere que a espécie esteja em desequilíbrio, uma vez que em espécies dióicas a proporção equilibrada entre indivíduos femininos e masculinos é de 1:1 (BAWA e OPLER 1975). Não foram encontradas referências que abordem a proporção equilibrada entre indivíduos de populações de espécies polígamo-dióicas. No local de estudo, a proporção entre os indivíduos é de 1♂: 2,5♀: 2,5 hermafroditas , ou seja, parece haver equilíbrio entre os indivíduos femininos e os hermafroditas.

O comprimento médio das inflorescências e o número médio de flores por inflorescência, de cada tipo floral, encontram-se na Tabela 1. O maior número de flores masculinas, em relação às demais (Tabela 1; Fig. 2B, C), confirma o observado em outras espécies dióicas (BAWA 1977; 1980) e em *C. uvifera* (MADRIZ e RAMÍREZ 1997). De acordo com esses últimos autores, as flores masculinas geralmente se apresentam em maior número devido ao maior investimento na produção de pólen e nas flores femininas o investimento é em estruturas de produção de frutos e sementes, o que muitas vezes limita o número de flores produzidas.

Todos os tipos florais apresentam perigônio trímero e as tépalas são de cor creme na face adaxial e vinácea na abaxial. O androceu consiste de sete a oito estames ou

estaminódios. Os filetes são monadelfos e as anteras são de cor creme, dorsifixas, bitecas, com deiscência longitudinal. O pistilo ou pistilódio possui cor creme;

Tabela 1 – Comprimento de inflorescências ($N = 10$) e número de flores por inflorescência ($N = 10$), em diferentes tipos florais de *Coccoloba cereifera*.

Tipo floral	Comprimento da inflorescência (cm)		Flores por inflorescência (n°)	
	Variação	$\bar{X} \pm DP$	Variação	$\bar{X} \pm DP$
Masculino	16 - 26	19,50 \pm 3,86	699 - 1680	975 \pm 290,91
Hermafrodita				
H1	15 - 20	19,30 \pm 2,35	200 - 618	447 \pm 110,05
H2	12 - 28	20,10 \pm 5,62	480 - 689	585 \pm 65,81
Feminino	17 - 32	22,10 \pm 4,97	228 - 710	526 \pm 139,60

o estilete é trifido, o ovário unilocular, uniovular, com placentação basal e o óvulo é ortótropo.

As flores femininas apresentam o gineceu com estigmas inseridos acima dos estaminódios (Fig. 3D) e as flores masculinas apresentam pistilódio inserido abaixo das anteras (Fig. 3A). As hermafroditas podem ser divididas em dois tipos, denominados no presente estudo de H1 e H2; suas flores diferem entre si em relação à altura das anteras e estigmas: estigmas inseridos logo abaixo das anteras em H1 (Fig. 3B) e estigmas inseridos na altura mediana das anteras em H2 (Fig. 3C). Além dessa diferença, esses tipos florais diferem em relação à quantidade de pólen produzida por flor (Fig. 4) e à viabilidade desses grãos de pólen (Fig. 5). A identificação de dois tipos de flores hermafroditas, além das flores femininas e masculinas, torna a polígamo-dioícia de *C. cereifera* única, ainda não registrada entre as angiospermas.

Todos os tipos florais duram 24 horas, são nectaríferos, semelhante ao registrado em flores de *C. uvifera* (MADRIZ e RAMÍREZ 1997), e medem 3 mm de diâmetro. O

comprimento das flores, considerando seus pedicelos florais, foi semelhante (variando de 4 a 6,8 mm). A abertura floral ocorre pela manhã e caracteriza-se pela lenta separação das tépalas e exposição dos órgãos reprodutivos; as tépalas demoram cerca de seis horas (das 6:00 às 12:00 horas) para posicionarem-se perpendicularmente em relação ao eixo floral. Nessa ocasião, observa-se o néctar acumulado na base do pistilo. Os estigmas encontram-se receptivos (exceto nas flores masculinas), ao longo da vida das flores. Após as 24 horas, o perigônio se fecha novamente sobre o androceu e gineceu e a flor readquire o aspecto de botão floral. Durante a formação do fruto, o perigônio cresce, envolvendo-o, caracterizando o diásporo como carnosos.

Nas lâminas de grãos de pólen das flores masculinas foram contados, em média, 198,04 grãos, variando de 151 a 200 grãos por lâmina, nesse último caso em 96% delas; nas das flores H1 foram contados, em média, 132 grãos, variando de 27 a 200, nesse último caso em 24% delas; nas das flores H2 foram contados, em média, 47 grãos, variando de 7 a 103 grãos, nesse último caso em 1% delas. As anteras das flores femininas não apresentaram grãos de pólen. A Figura 4 representa a proporção do número de grãos de pólen contados nas lâminas. Houve diferença significativa entre a proporção de números de grãos de pólen contados entre as flores masculinas e hermafroditas (H1 e H2) e entre os tipos de flores hermafroditas (respectivamente, $\chi^2 = 39,35$, gl = 2, $p < 0,001$; $\chi^2 = 37,31$, gl = 1, $p < 0,001$). A viabilidade dos grãos de pólen foi maior nas flores masculinas ($\bar{X} = 86,60\% \pm 19,10$) e decresceu nas flores hermafroditas (em H1, $\bar{X} = 80,60\% \pm 53,40$; em H2, $\bar{X} = 78,00\% \pm 45,30$) (Fig. 5). Também houve diferença significativa na porcentagem de grãos viáveis, entre esses tipos florais ($F_{(60,2)} = 5,14$; $p = 0,009$). MADRIZ e RAMÍREZ (1997) verificaram, em *C. uvifera*, que 60% dos grãos de pólen das flores masculinas eram viáveis e consideraram essa porcentagem alta; entretanto, ela é inferior à porcentagem média registrada em flores hermafroditas de *C. cereifera*.

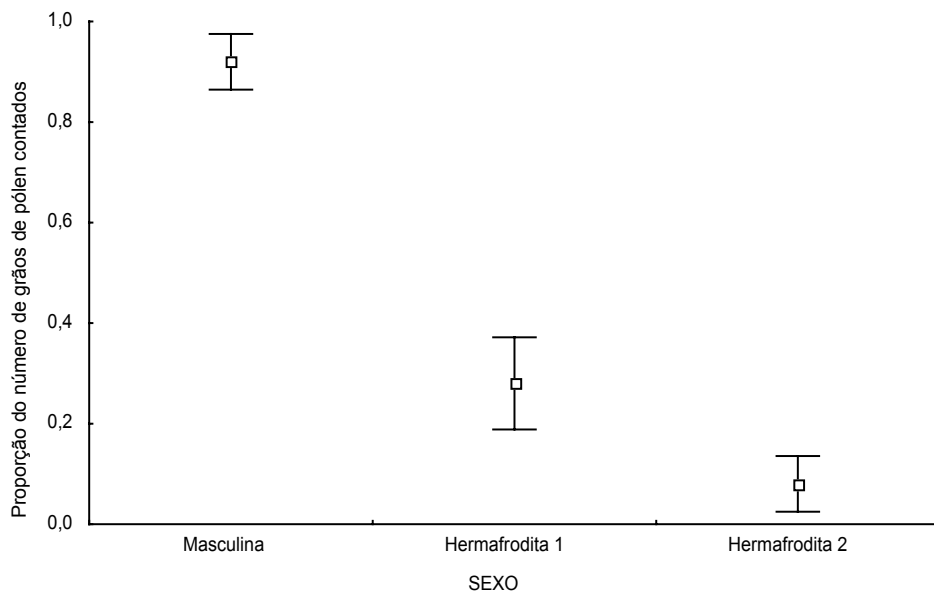


Figura 4 – Grãos de pólen contados por lâmina (até 200), em diferentes tipos florais de *Coccoleba cereifera*. As barras representam o erro padrão da média.

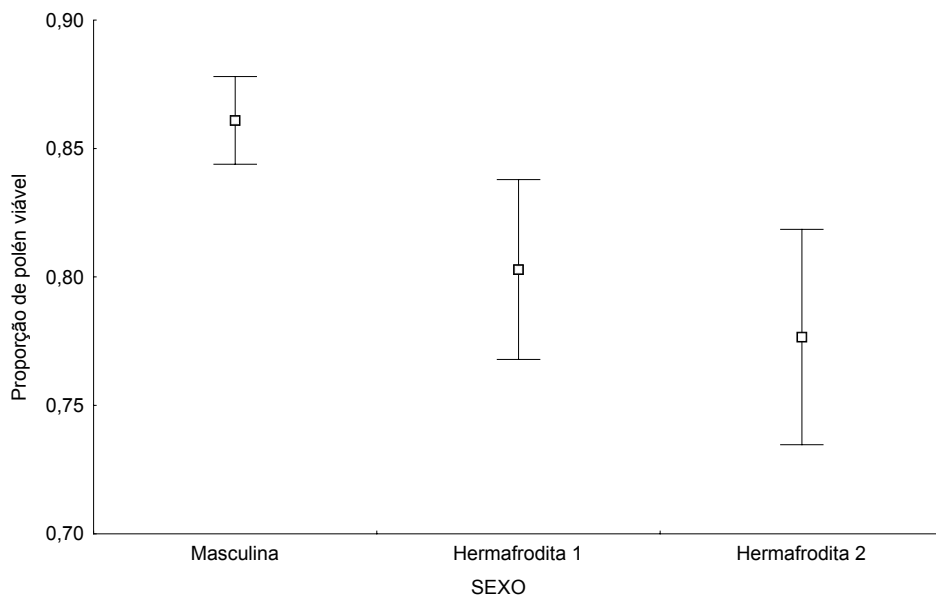


Figura 5 – Viabilidade dos grãos de pólen, em diferentes tipos florais de *Coccoleba cereifera*. As barras representam o erro padrão da média.

Os diásporos resultantes das flores femininas tendem a serem pouco mais longos em relação aos das flores hermafroditas, respectivamente, 8-9 e 6-8 mm de comprimento. O diâmetro entre eles foi semelhante, respectivamente, 6-7 e 5-8 mm.

3.3 - Sistema Reprodutivo

3.3.1 - Testes de Polinização

Os resultados das polinizações manuais (autopolinização espontânea e polinização cruzada) e natural (polinização aberta) em flores de *C. cereifera* encontram-se na Tabela 2.

Na autopolinização espontânea, na qual as inflorescências foram isoladas com sacos de organza, esperava-se frutificação nula nos indivíduos masculinos e femininos. Entretanto, nos femininos registrou-se a maior frutificação (Tabela 2). Esse resultado indica que *C. cereifera* é apomítica, ou seja, há formação de sementes sem que ocorra a singamia (*cf.* O'CONNELL e ECKERT 1999). Essa característica reprodutiva é inédita para o gênero, pois MADRIZ e RAMÍREZ (1997) não registraram apomixia em *C. uvifera*. Espécies apomíticas são mais freqüentes em habitats perturbados e de altas altitudes (ARROYO et al. 1981) e o resultado do presente estudo colabora com essa afirmação, pois *C. cereifera* ocorre acima de 1200 m de altitude (RIBEIRO e FERNANDES 1999). Apomixia é rara em espécies dióicas, registrada, por exemplo, em *Antennaria* spp. (Compositae) (RICHARDS 1986; O'CONNELL e ECKERT 1999) e em *Jacaratia spinosa* (Caricaceae) (PIRATELLI et al. 1998).

De acordo com BRIGGS e WALTERS (1997), a apomixia, de uma dada espécie, pode ser obrigatória ou total ou, mais comumente, parcial ou facultativa. Nesse último caso, as flores produzem embriões sexuais e assexuais e há necessidade de estudos embriológicos para distinguí-los. Entretanto, a análise do crescimento de tubos polínicos, após

polinizações manuais, pode indicar o tipo de apomixia: havendo crescimento de tubos, ela tem sido considerada facultativa (NEGRÓN-ORTIZ 1998; O'CONNELL e ECKERT 1999). Em *C. cereifera* foram observados tubos polínicos crescendo até o ovário, em todas as flores femininas observadas em microscopia de fluorescência, sugerindo, portanto, apomixia facultativa. Além disso, a frutificação das flores hermafroditas (H1 e H2), na autopolinização espontânea, foi cerca de 19 vezes menor que a das flores femininas (Tabela 2), indicando que as hermafroditas não se reproduzem apomiticamente e os frutos devem ser resultado da autopolinização, pois nessas flores inexistia a hercogamia (Fig. 2B, C).

Tabela 2 – Resultados das polinizações manuais e natural (polinização aberta) em flores de *Coccoloba cereifera*.

Tratamento/ Tipo floral	Indivíduo (Nº)	Inflorescência (Nº)	Flor ¹ (Nº)	Fruto	
				(Nº)	(%)
Autopolinização espontânea/					
Masculino	5	5	4875	0	00,00
Hermafrodita 1	5	5	2235	24	01,07
Hermafrodita 2	4	4	2104	7	00,33
Feminino	5	5	2925	584	19,96
Polinização cruzada^{2/}					
Masculino → Feminino	3	3	15	5	33,30
Hermafrodita1 → Feminino	3	3	15	4	26,60
Hermafrodita2 → Feminino	3	3	15	4	26,60
Polinização aberta/					
Masculino	5	5	4875	0	00,00
Hermafrodita 1	5	5	2235	66	02,95
Hermafrodita 2	5	5	2630	15	00,57
Feminino	5	5	2925	232	07,93

¹ O número de flores foi calculado considerando-se o número médio de flores por inflorescência (Tabela 1), exceto na polinização cruzada.

² Apenas flores femininas como receptoras de pólen.

A apomixia facultativa pode ser regulada por fatores ambientais (BRIGGS e WALTERS 1997). Por exemplo, indivíduos de *Dichanthium aristatum* (Poaceae), quando expostos sob condições de dias curtos contínuos, produzem até 79% de embriões apomíticos (Knox e Heslop-Harrison 1963 citado por BRIGGS e WALTERS 1997). Nesse estudo, o tratamento de autopolinização espontânea, foi realizado nos meses de junho e julho, período de dias curtos. Enquanto o tratamento de polinização aberta foi realizado nos

meses de setembro e outubro, período de dias longos. Semelhantemente, a alta frutificação de *C. cereifera* observada nos meses de setembro a novembro, pode ser resultante da floração ocorrida nos meses de junho a agosto (Fig. 1), período de dias curtos. Estudos embriológicos e ecofisiológicos poderão esclarecer essa questão.

Em *C. cereifera*, a maior proporção de indivíduos femininos (41,3%), em relação aos hermafroditas (H1 = 26,1%; H2 = 16,3%) e aos masculinos (16,3%), deve ser consequência da apomixia. Segundo HARPER (1982), BAYER e STEBBINS (1983) e O’CONNELL e ECKERT (1999) sementes apomíticas, de espécies dióicas, produzem apenas indivíduos femininos.

A apomixia parece ser vantajosa para *C. cereifera*, uma vez que a frutificação resultante da polinização aberta (polinização natural) foi baixa (Tabela 2). Esse resultado indica ausência de polinizadores, confirmada pela maior frutificação obtida após a polinização cruzada (Tabela 2). A reprodução assexuada confere vantagens adaptativas em condições desfavoráveis, como por exemplo, ausência de polinizadores (BRIGGS e WALTERS 1997; PIRATELLI et al. 1998), o que parece ocorrer com *C. cereifera*. Além da apomixia, a reprodução vegetativa é comum nessa espécie (RIBEIRO e FERNANDES 1999) e, ambos os mecanismos, parecem assegurar a sua reprodução e, ao mesmo tempo, conservar a sua heteroziguidade (cf. BRIGGS e WALTERS 1997).

Nas flores analisadas sob microscopia de fluorescência, foi verificado que os tubos polínicos alcançam o ovário após 12 horas, em todos os tipos florais (exceto nos masculinos) e em ambos os tratamentos (autopolinização e polinização cruzada).

Os resultados da autopolinização espontânea em flores hermafroditas (Tabela 2) e do crescimento de tubos polínicos nessas flores, após autopolinização, indicam que *C. cereifera* é autocompatível, semelhante ao registrado em *C. uvifera* (MADRIZ e RAMÍREZ 1997). Entretanto, há necessidade de teste complementar (autopolinização manual) para confirmar essa suposição.

3.3.2 - Germinação de Sementes

Os resultados da germinação e do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *C. cereifera* encontram-se na Tabela 3. Houve diferença significativa entre todos os tratamentos realizados (Tabela 3). Entretanto, as maiores porcentagens de germinação e os maiores valores do IVG ocorreram nas sementes, nas quais foi removido o perigônio (Tabela 3), indicando que, na natureza, as sementes necessitam de perder esse envoltório para que ocorra a germinação. O perigônio deve conferir às sementes uma dormência física, pois a solução de água e perigônio não inibiu a sua germinação (Tabela 3), sugerindo ausência de inibidores químicos no perigônio. Dormência de sementes em espécies de altitude, como é o caso de *C. cereifera*, é considerada uma adaptação às condições adversas ambientais (KAYE 1997) e a sobrevivência das plântulas dependerá dos períodos chuvosos, ocasiões favoráveis ao seu estabelecimento (BLISS 1971).

3.4 - Visitantes Florais

Em flores de *C. cereifera* foram capturados somente dois pequenos insetos da ordem Hymenoptera, a abelha “cachorro” *Trigona spinipes* (Fabricius 1793) (Apidae) e a vespa *Brachygastra* sp. (Vespidae), em 42 horas de observações de campo. Semelhantemente, foram observados pequenos himenópteros em flores de *C. uvifera* (espécies de *Trigona* e de vespas, MADRIZ e RAMÍREZ 1997) e em flores de *C. acrostichoides* (as abelhas *Ceratinula* sp., *Augochlora* sp. e *Dialictus* sp.; Mariana de Araújo Melo, com. pes.). Todos esses resultados sugerem que pequenos insetos, principalmente abelhas, podem atuar como importantes polinizadores de espécies de *Coccoloba*.

Tabela 3 – Médias de germinação (%) e do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Coccoloba cereifera*.

Tratamento	Germinação	IVG ¹
Sementes com perigônio seco, irrigadas com água	7	0,34 a
Sementes com perigônio seco removido, irrigadas com água	94	8,54 b
Sementes com perigônio carnoso, irrigadas com água	47	4,89 c
Sementes com perigônio carnoso removido, irrigadas com solução de água e perigônio	72	6,46 d

¹As médias do IVG diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As flores de espécies dióicas são, comumente, pequenas, de cores pálidas e consideradas não-especializadas, ou seja, atraem diversos pequenos insetos (BAWA e OPLER 1975; MADRIZ e RAMÍREZ 1997). A baixa visitação às flores de *C. cereifera*, que apresentam características semelhantes às das flores de espécies dióicas, pode estar relacionada à sua ocorrência em altas altitudes, local com fauna restrita de animais antófilos, especialmente, de insetos sociais (p.ex. *Trigona spinipes*) (FARIA 1994).

4 - CONCLUSÕES

1. O estudo da fenologia de *C. cereifera* revelou que a época de floração está estreitamente relacionada com a maior disponibilidade hídrica no solo. A frutificação ocorreu durante todo o ano.
2. A análise da morfologia floral registrou a presença de quatro tipos florais, caracterizando a espécie como polígamo-dióica.
3. Os resultados da biologia floral mostram que a espécie atinge o máximo de abertura floral às 12 horas e permanecem abertas durante 24 horas. A presença de néctar foi verificada em todos os tipos florais, a viabilidade do pólen e a receptividade do estigma variaram entre eles.
4. O estudo do sistema reprodutivo registrou apomixia para a espécie, nos testes de autopolinização espontânea e reduzida produção de frutos para as polinizações cruzadas e abertas. O crescimento do tubo polínico foi verificado em todos os tipos florais, exceto o masculino.
5. Os testes de germinação revelaram que a espécie apresenta dormência nas sementes.
6. Os visitantes florais capturados, apesar de poucos, podem atuar como importantes polinizadores para a espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO, M. T. K.; ARMESTO, J. J.; VILLAGRAN, C. 1981. Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of Central Chile. **J. Ecol.** 9: 205-223.
- BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G.; PEIXOTO, A. L. 1978. **Sistemática de angiospermas do Brasil**, v.1, Livros técnicos e científicos, Rio de Janeiro, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 255p.
- BAWA, K. S. 1977. The reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk. (Sapindeceae). **Evolution** 31:52-63.
- BAWA, K. S. 1980. Evolution of dioecy in flowering plants. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 11:15-39.
- BAWA, K. S.; OPLER, P. A. 1975. Dioecism in tropical forest trees. **Evolution** 329:167-179.
- BAYER, J. R.; STEBBINS, G. L. 1983. Distribution of sexual and apomictic populations of *Antennaria parlinii*. **Evolution** 37:555-561.
- BERNADELLO, G.; ANDERSON, G. J.; LOPEZ, S. P.; CLELAND, M. A.; STTUESSY, T. F.; CRAWFORD, D. J. 1999. Reproductive biology of *Lactoris fernandeziana* (Lactoriaceae). **Am. J. Bot.** 86: 829-840.
- BLISS, L. C. 1971. Artic and alpine plant life cycles. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 2:405-438.
- BRIGGS, D.; WALTERS, S. M. 1997. **Plant variation and evolution**. Cambridge, Cambridge University Press. 3rd edition. 509p.
- CASTRO, E. M.; ALVARENGA, A. A.; ALMEIDA, L. P.; GAVILANES M. L.; PEREIRA, P. A. 1999. Influencia do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de *Guarea guidonia* (L.) Sleum. **Rev. Árvore** 23:255-258.
- CRONQUIST, A. 1988. **The evolution and classification of flowering plants**. New York, The New York Botanical Garden. 555p.
- DAFNI, A. 1994. **Pollination ecology – A practical approach**. Oxford, Oxford University Press, 250p.
- FARIA, G. M. 1994. **A flora e a fauna apícola de um ecossistema de campo rupestre, Serra do Cipó-MG, Brasil: composição, fenologia e suas interações**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 239p.
- GODOY, S. M. A.; FELIPPE G. M. 1992. *Qualea cordata*: a semente e sua germinação **Rev. Bras. Bot.** 15:17-21.
- HARPER A. B. 1982. The selective significance of partial apomixes. **Heredity** 48:107-116.
- KAYE, T. N. 1997. Seed dormancy in high elevation plants: implicatons for ecology and restoration. **Plant Conserv. Biol.** Oregon, Oregon State University. 115-120.
- KAYE, T. N. 1999. From flowering to dispersal: reproductive ecology of an endemic plant, *Astragalus australis* var. *olympicus* (Fabaceae). **Am. J. Bot.** 86:1228-1256.

- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. 1993. **Techniques for pollination biologists**. Colorado, University Press of Colorado. 583p.
- MABBERLEY, D. J. 1997. **The plant-book. A portable dictionary of vascular plants**. 2nd. Cambridge, University Press 858p.
- MADRIZ, R.; RAMÍREZ, N. 1997. Biología reproductiva de *Coccoloba uvifera* (Polygonaceae). Una especie polígamo-dioica. **Rev. Biol. Trop.** 45: 105-115.
- MARTIN, F. W. 1959. Staining and observing pollen tubes in style by means of fluorescence. **Stain Techn.** 34:125-128.
- MELO, E. 2000. Polygonaceae da Cadeia do Espinhaço, Brasil. **Acta Bot. Bras.** 14:273-300.
- MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte. Fundação Biodiversitas. 160p.
- MURCIA, C. 2002. Ecología de la polinización. Pp. 493-530. In **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. M. R. Guariguata & G.H. Katan (eds.). Costa Rica, Libro Universitario Regional.
- NEGRÓN-ORTIZ, V. 1998. Reproductive biology of a rare cactus, *Opuntia spinosissima* (Cactaceae), in the Florida Keys: why is seed set very low?. **Sex. Plant Reprod.** 11:208-212.
- O'CONNEL, L. M.; ECKERT, C.G. 1999. Differentiation in sexuality among populations of *Antennaria parlinii* (Asteraceae). **Int. J. Plant Sci.** 160:567-575.
- PIRATELLI, A. J.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; GANDARA, F. B.; SANTOS, E. M. G.; COSTA, L. G. S. 1998. Biología da polinização de *Jacaratia spinosa* (AUBL) ADC. (Cariacaceae) em mata residual do sudeste brasileiro. **Rev. Bras. Biol.** 58:671-679.
- RADFORD, A. E.; DICKISON, W. C.; MASSEY, J. R.; BELL, C. R. 1974. **Vascular plant systematics**. New York, Harper and Row., 891 p.
- RIBEIRO, K. T.; FERNANDES, G. W. 1999. Geographic distribution of *Coccoloba cereifera* (Polygonaceae), a narrow endemic from Serra do Cipó, Brazil. **Rev. Bios** 7:7-12.
- RICHARDS, A. J. 1986. **Plant breeding systems**. London, Allen & Unwin, 529p.
- RIZZINI, C. T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo, Hucitec/EDUSP, 374p.
- RIZZINI, C. T.; HERINGER, P. H. 1966. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. **Ann. Acad. Bras. Ciências.** 38: 85-112.
- SILVA, C.A.; VIEIRA, M. F.; CANO, M. A.O.; FERNANDES, G. W.; ARAÚJO, L. M. 2002. Tipos florais de *Coccoloba cereifera* Schwn (Polygonaceae) espécie polígamo-dióica. In: **Resumos do XXIV Encontro Regional de Botânicos**. Ihéus, Bahia. p.81.