

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

MARIA CAROLINA NUNES SIQUEIRA

**“ESTUDO ECOFISIOLÓGICO de *Schinus
terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.**

**Vitória
2005**

MARIA CAROLINA NUNES SIQUEIRA

“ESTUDO ECOFISIOLÓGICO de *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Idalina Tereza de Almeida Leite para a obtenção do título de “Magister Scientiae” em Biologia Vegetal.

**Vitória
2005**

Aos meus pais, pelo incentivo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por mais um ideal alcançado;

Aos meus pais, pelo apoio e compreensão;

Ao meu irmão, pelo incentivo nas horas difíceis;

À minha orientadora prof. Dr^a Idalina Tereza de Almeida Leite não apenas pela orientação, mas principalmente pela confiança, amizade, paciência, por estar sempre sorrindo e nos ensinando a sorrir e principalmente por acreditar em mim.

Obrigada por não ter ser apenas uma orientadora;

À minha co-orientadora Dr^a Débora Leonardo dos Santos pelo carinho, incentivo, conselhos e ensinamentos;

Aos professores e colegas do Departamento de Botânica da UFES, pela atenção e ajuda constante;

Ao Wagner da Reserva Estadual da Fonte Grande pelo fornecimento de sementes;

À Samarco, em especial a colega de mestrado Sandrelly, por ceder sementes;

Ao Fabio Medeiros pela boa vontade em ajudar na tradução dos resumos;

À prof. Dr^a Diolina Moura Silva pelo empréstimo do aparelho para medidas de eficiência fotossintética;

Aos amigos da graduação que continuam presentes em minha vida, em especial a amiga Renata;

Às novas amigadas, pelo incentivo;

Aos colegas de laboratório pela companhia;

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	09
INTRODUÇÃO GERAL.....	11

CAPÍTULO 1- “ESTUDO ECOFISIOLÓGICO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.

RESUMO.....	30
ABSTRACT	31
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1- Material Vegetal e Condições de Cultivo.....	34
2.2- Teor de Umidade.....	34
2.3- Experimentos:	35
2.3.1- Efeitos da luz e Temperatura na Germinação.....	35
2.3.2- Efeitos do estresse Hídrico.....	36
2.3.3- Efeitos do estresse Salino.....	36
2.4- Parâmetros de análise da germinação.....	37
2.5- Análise Estatística.....	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.1 Teor de Umidade.....	39
3.2 Efeito da Luz e da Temperatura.....	40
3.3 Efeito do estresse hídrico.....	45
3.4 Efeito do estresse salino.....	48
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
5. LITERATURA CITADA.....	54

CAPÍTULO 2- “ESTUDO ECOFISIOLOGICO DO CRESCIMENTO INICIAL DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.

Resumo.....	59
Abstract	60

1. Introdução	61
2. Material e Métodos.....	63
2.1- Material Vegetal e Condições de Cultivo.....	63
2.2- Experimentos:.....	63
3.2.1- Efeitos do estresse Hídrico.....	64
2.3 - Parâmetros analisados:	
2.3.1- Medidas Fotossintéticas.....	64
2.3.2- Pigmentos Fotossintéticos.....	65
2.3.3- Medidas de Crescimento.....	66
2.3.4- Determinação da Massa Fresca e Massa Seca.....	66
2.3.5-Determinação da área foliar.....	66
2.4 – Análise Estatística.....	67
3. Resultados e Discussão.....	68
3.1- Fluorescência da clorofila a e Teor de pigmentos fotossintetizantes	68
3.2- Análise do crescimento.....	77
3.3- Massa Fresca e Massa Seca.....	82
3.4- Determinação da área foliar.....	86
4. Considerações Finais.....	88
5. Literatura Citada.....	89

RESUMO

Schinus terebinthifolius (Raddi) é uma espécie de ampla distribuição, conhecida como aroeira ou pimenta-rosa. Os estudos de procedência detectam a variabilidade genética dentro da espécie, desta forma, mesmo pertencendo à mesma espécie, em cada localidade o desenvolvimento das sementes e o padrão de crescimento das plantas estão sujeitos a variações climáticas que acabam por ressaltar certos aspectos de sua composição genética, ou seja, o meio pode causar a expressão de determinadas características que em outro local não se manifestariam. Várias são as formas de respostas das plantas ao estresse, e a tolerância a ele varia com a espécie, podendo ocorrer também variações de tolerância dentro da mesma, o que caracteriza a plasticidade fenotípica da planta. Assim, estudos que procuram avaliar as respostas das sementes e plântulas de espécies florestais em relação aos estresses aos quais podem ser submetidas, assumem grande importância para a compreensão do processo de desenvolvimento destas espécies sob diferentes condições abióticas, que podem influenciar a produção e conseqüentemente as gerações futuras. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o crescimento inicial da aroeira, a partir de sementes provenientes de ambientes com características edafoclimáticas distintas, a saber: restinga (R) e floresta Pluvial (FP) frente a diferentes fatores abióticos. Durante a germinação foram avaliados os fatores luz, temperatura (isotermas de 5 a 40°C) e estresses hídrico e salino. No crescimento inicial, plântulas das duas populações foram submetidas ao estresse hídrico a fim de avaliar o desenvolvimento das mesmas quando submetidas a injúrias. Com relação ao requerimento de luz a espécie se mostrou neutra. Os valores obtidos para o teor de umidade das sementes não apresentaram diferenças significativas entre as populações R e FP, ficando entre 21 e 25%. A alta porcentagem de germinação (%G) atingida em condições de FP (69%) diferiu significativamente da encontrada em R (41%). Submetidas aos estresses simulados, as sementes da população FP apresentaram sempre um melhor desempenho na germinação, quando comparada à população R, o que é bem demonstrado ao se observar a porcentagem de germinação nas temperaturas testadas sob condições de luz e escuro. Os resultados encontrados sugerem que a resposta fisiológica da semente está relacionada ao ambiente de origem, e provavelmente expressará diferentes características genéticas em função do ambiente no qual germinará,

indicando que as condições de cultivo podem ser cruciais no desenvolvimento de mudas e produção de sementes. O desenvolvimento inicial das plantas foi afetado pelo estresse hídrico, entretanto, as plântulas provenientes da população FP apresentaram em todos os ensaios um crescimento superior à população R, especialmente nos tratamentos de maior estresse, concordando com os resultados encontrados na germinação apontando para uma maior adaptabilidade nas plântulas provenientes de sementes de FP, contrariamente ao esperado.

ABSTRACT

Schinus terebinthifolius (Raddi) is a widely distributed species, commonly called “pimenta-rosa”. The seed origin studies detects a genetic variability within the species, in this, within the same species, seeds originated from different locations are subjected to climatic (and environmental) variations, that result in bring out certain aspects of its genetic composition, that means, that environment of a certain location can cause the development of specific characteristics, that will not manifest in a different location. Plants can react to environmental stress in different manners, and the tolerance to stress is variable among species and even in the same species depending on the habitat. This is the so-called phenotype plasticity. Studies which analyses forest species seedling responses to environmental stress are very important, since they allow the understanding of development process of these species under different abiotic conditions, which can influence the production and future generations. This work investigated *S. terebinthifolius* seed germination from two different habitats: one from the “Restinga” (R) habitat and the other from wet forest (FP) under these abiotic conditions: light, temperature, water stress and osmotic stress, and seedling development under water stress. Seeds from both environments germinated under light and dark conditions. Seed water content from both populations was about 21 and 25%, with no statistical difference between them. The FP population had higher germination percentage (69%), compared with R (41%), with a statistical difference between them. Under water and osmotic stress, the FP population showed a better germination compared to R. The results suggest that seed physiology is related to their original environment. Seeds are probably expressing genetic features in response to environment. Seedlings were grown from two different seed population. They were submitted to water stress for a 4 months period, and their development was recorded. The results showed that the stress affected seedling development, from the two populations origin. However, seedlings from FP population showed a higher development in relation to those from R, mainly in the most stressing treatments. These results suggests to a higher adaptation potential to seedlings from FP population.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As características das sementes, no que diz respeito às propriedades fisiológicas de sua latência, viabilidade e germinação, refletem a natureza do ambiente em que ocorre o desenvolvimento das plantas que as produzem, de modo que estas características tendem a assegurar sua sobrevivência pelo condicionamento da germinação ao momento mais propício ao seu estabelecimento. O estudo da ecofisiologia da germinação de sementes permite compreender a forma mais precisa dos mecanismos que regulam a longevidade das sementes no solo, o rompimento da latência, a germinação e o estabelecimento das plantas em condições naturais (VAZQUEZ-YANEZ et al., 1984; PIÑA-RODRIGUES et al., 1990).

Sabe-se que cada espécie possui exigências próprias para seu desenvolvimento, porém, pouco se conhece sobre as exigências das sementes tropicais em resposta aos efeitos da luz e temperatura na sua germinação, apesar destes serem fatores cruciais na germinação de muitas espécies (AWAL e IKEDA, 2002; SOKOLOWSKI, 2002). É importante ressaltar que a temperatura não atua isoladamente, e estudos têm demonstrado claramente que outros fatores, como por exemplo, os níveis de nitrato no solo, a luz e a dessecação, podem influenciar a dormência das sementes (PROBERT, 1993; LEITE, 1998). Distúrbios em florestas tropicais têm sido vistos como mudanças no ambiente de luz; contudo, diferentes impactos criam diversos tipos de clareiras que influenciam muitos fatores abióticos, como os níveis de luz, umidade e temperatura (EVERHAM et al., 1996).

A germinação é uma das fases críticas para o estabelecimento das plantas em condições naturais. O processo de germinação inicia-se com o surgimento das atividades metabólicas que foram quase paralisadas após a maturação da semente. A temperatura influencia o processo de germinação, especialmente por alterar a

velocidade de absorção de água e modificar a velocidade das reações químicas que irão acionar a mobilização das reservas e a síntese “de novo” de substâncias para a plântula (BEWLEY e BLACK, 1994). Outro aspecto alertado diz respeito à condição original de um ecossistema florestal que deve incluir, além dos fatores bióticos e abióticos, a complexidade de suas funções e inter-relações (LARCHER, 2000).

Outro fator importante no controle da germinação de sementes em várias espécies é a água. Esta é de fundamental importância na ativação de diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação das sementes. Assim, estudos que procuram avaliar as respostas das sementes de espécies florestais em relação ao estresse hídrico, assumem grande importância na compreensão dos processos de repovoamento destas espécies sob diferentes condições abióticas que podem estar influenciando a germinação de suas sementes (BORGES et al., 1997).

A tolerância salina varia com a espécie, podendo ocorrer, também, variações de tolerância salina dentre genótipos da mesma espécie. Vários processos bioquímicos e fisiológicos das plantas são alterados pela salinidade, afetando negativamente a produtividade da cultura (LOOMIS e CONNOR, 1992).

GERMINAÇÃO

O conhecimento da biologia de sementes é essencial para o entendimento de processos como o estabelecimento das plantas, sucessão e regeneração natural. Além disso, o estudo da germinação de sementes de espécies nativas tem papel relevante dentro das pesquisas científicas, visando a preservação e utilização das espécies potencialmente econômicas e de interesses diversificados. Por isto, esta é uma das ferramentas chave para o manejo de populações de plantas, como comentado por VÁZQUEZ-YANEZ e OROZCO-SEGOVIA (1993). GONZÁLEZ (1991) reforça o supra citado, comentando que a alta variação climática e edáfica do trópico úmido sugere a necessidade de encontrar espécies florestais alternativas para o reflorestamento, que se adaptem a condições tão diversas. Para tal, deve-se contar com informações sobre as espécies, partindo-se normalmente da coleção e manejo de sementes, ponto de partida das atividades básicas que compreendem um programa florestal (produção e manejo em viveiro de espécies florestais, etc.).

Pode-se dizer que a germinação ocorre dentro de um certo limite de temperatura, cuja amplitude e valores absolutos dependem de cada espécie. Fornecidas as condições ideais de luz e umidade, a temperatura do solo irá determinar quantas sementes irão germinar em uma amostra, bem como a velocidade dessa germinação (ROSA e FERREIRA, 2001).

Temperatura

Diversos trabalhos enfocam aspectos da inter-relação germinação-temperatura, indo da abordagem estritamente fisiológica à ecológica (BORGHETTI e LABORIAU, 1994; BASKIN e BASKIN, 1994). O conceito de temperaturas cardeais – temperatura mínima, máxima e ótima – foi proposto por Sachs no século passado e, desde então, esse tipo de abordagem das relações planta/temperatura tem norteado inúmeros trabalhos envolvendo o desenvolvimento vegetal, em particular na área de germinação de sementes. Assim, observa-se que a germinabilidade é máxima dentro de uma faixa variável de temperatura, acima e abaixo da qual a germinação final tende a diminuir. Este padrão de resposta também é aplicável ao parâmetro velocidade de germinação. A temperatura ótima é considerada aquela onde a maior taxa de germinação é alcançada no menor tempo (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). A determinação das temperaturas cardeais (mínima e máxima) de germinação de sementes de uma espécie, assim como o intervalo de temperatura onde ocorre máxima germinabilidade, é muito importante não só para a agricultura, como também para ajudar a entender a distribuição geográfica de uma espécie de planta com sementes (LABORIAU, 1983).

Luz

É bem conhecido o fato da germinação de algumas sementes ser controlada pela presença ou ausência de luz, podendo esta fotossensibilidade ser contornada alterando-se outros fatores (SOCOLOWSKI, 2002). Tem sido observado em diversas espécies que a temperatura é um importante fator limitante da produção, especialmente devido à sua influência sobre a germinação e emergência de plântulas (ZAITER et al., 1994). Com relação ao requerimento de luz, as espécies têm sido agrupadas em duas categorias: fotoblásticas positivas ou negativas,

conforme tenham a germinação promovida ou inibida pela luz, respectivamente. Há ainda espécies cujas sementes se mostram indiferentes à presença de luz para a germinação, onde se enquadra a maioria das espécies cultivadas (CAMPOS e TILLMANN, 1997).

Água

A maioria das sementes sofre uma seqüência específica de eventos durante a germinação, sendo os principais eventos a embebição, a ativação de enzimas, a iniciação do crescimento do embrião, a ruptura do tegumento e a emergência das plântulas. A água é um requerimento básico para a germinação, sendo essencial para ativação enzimática, decomposição química, translocação e uso de materiais de reserva (COPELAND e McDONALD, 1995).

As espécies florestais apresentam geralmente produção de sementes irregular, sendo que em um determinado ano pode ser abundante e no seguinte, escasso. O armazenamento então assume importância fundamental no fornecimento de sementes, principalmente para aquelas que perdem rapidamente sua qualidade fisiológica. É sabido que entre variedades e cultivares de uma mesma espécie o vigor das sementes pode ser influenciado pelas condições de armazenamento, desta forma estudos acerca do teor de umidade podem fornecer informações importantes pra um manejo correto das sementes (SANTOS, 2003).

O teor de umidade é considerado em inúmeros trabalhos, como um dos principais índices que evidenciam o processo de maturação da semente, e muitas vezes, é sugerido como ponto de referência para indicar a condição fisiológica destas como por exemplo, em sementes de *Glycine Max* e *Pterogyne nitens* (SANTOS, 2003). Este parâmetro é de fundamental importância para estabelecer as condições ideais de armazenamento, uma vez que o teor de umidade inicial, umidade de equilíbrio e intensidade das atividades metabólicas da semente estão intimamente ligadas à sua conservação. Além disso, o teor de umidade tem como função evidenciar o processo de maturação, e muitas vezes indica a condição fisiológica das sementes. O teor de umidade da semente depende diretamente da umidade relativa do ar que é influenciada pela temperatura. Quando colocada em um ambiente com determinada umidade relativa, este tende a retirar ou ceder

umidade para a semente até que seja atingido o ponto de equilíbrio higroscópico (SANTOS, 2003).

A deficiência hídrica é o fator limitante de maior significância na sobrevivência e crescimento inicial de plantas (BLAKE, 1993). O estresse hídrico pode afetar a germinação, provocando atraso no início do processo ou diminuição na germinabilidade final (HARDEGREE e ERMMERICH, 1994). Vários autores vêm tentando definir indicadores fisiológicos associados à resistência à seca em diversas espécies tropicais, nativas e exóticas, como pitanga (NOGUEIRA, et al., 2000 a), cupuaçu, biribá, graviola e carambola (OLIVEIRA, 1996), acerola (NOGUEIRA et al., 2000b), entre outras.

Salinidade

Segundo CORDAZZO e SEELIGER (1998) para completarem seus ciclos de vida, as populações de plantas dependem dos processos reprodutivos, ou seja, da produção de indivíduos fisiologicamente independentes, que garantam a manutenção destas populações e adicionalmente permitam a dispersão da espécie. Um dos estágios mais críticos do ciclo de vida das plantas após a dispersão é o período de germinação e estabelecimento das plântulas. No ambiente costeiro em especial, devido à alta heterogeneidade dos fatores ambientais que limitam sua sobrevivência e desenvolvimento. O estabelecimento das plântulas é mais arriscado devido à alta temperatura na superfície do solo, baixo suprimento de nutrientes e de água, salinidade, deposição e/ou erosão de areia. Em geral, a salinidade ocorre para retardar a germinação de sementes e a emergência de plântulas (RODRIGUES et al., 2002).

As plantas estão sujeitas a condições de múltiplos estresses que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência, onde quer que elas cresçam. Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas aos estresses hídrico e salino é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições (LARCHER, 2000).

De acordo com CARNEIRO e BRACCINE (1996), o sucesso da germinação depende do movimento da água até a superfície de cobertura protetora da semente. Esse movimento depende do potencial de água da região próxima à semente e da

condutividade hídrica do solo. SANCHEZ-MORA (1989), relata que a ocorrência de uma grande quantidade de sais acarreta uma redução do potencial hídrico do solo, causando uma diminuição no gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, determinando assim um decréscimo na quantidade de água a ser absorvida pela mesma. Neste sentido, é interessante ressaltar que, de acordo com os autores acima citados, a porcentagem e a velocidade de germinação são reduzidas consideravelmente com o aumento do potencial osmótico, provocado pela adição de sais.

Embora o padrão de germinação e crescimento seja programado pela constituição genética da espécie, a expressão eventual desse padrão é freqüentemente modificada pelas condições do ambiente no qual as plantas se desenvolvem (SANTOS et al., 1998). Segundo BAWA et al. (1989) uma razão potencial para que tantas espécies vegetais possam coexistir em um ecossistema florestal é a variedade de especializações para o estabelecimento de nichos. Cada espécie pode ter um tipo particular de plântula que está mais bem adaptada a um determinado grupo de condições como, por exemplo, luz, temperatura, umidade e herbívoros. A capacidade adaptativa em expressar diferenças morfológicas, anatômicas, fisiológicas e comportamentais em resposta ao ambiente é denominada plasticidade fenotípica (SCHLICHTING, 1986; WEST-EBERHARD, 1989; DEJONG e STEARNS, 1990; VIA, 1994; HOLT, 1995). As espécies generalistas, as quais são encontradas em uma ampla faixa de disponibilidade de água e luz, apresentam maior plasticidade morfológica que as espécies especialistas. Em geral as espécies mais exigentes de luz, têm uma maior plasticidade morfológica que as tolerantes à sombra (BAZZAZ, 1979). A grande adaptabilidade das plantas se reflete na plasticidade das propriedades fisiológicas e estruturais.

Estudos que procuram avaliar as respostas das sementes de espécies florestais em relação à luz, temperatura e a diferentes tipos de estresse, assumem grande importância na compreensão dos processos de repovoamento destas espécies sob diferentes condições abióticas que podem estar influenciando a germinação de suas sementes (SOKOLOWSKI, 2002).

O conhecimento dos processos fisiológicos de espécies florestais nativas assume desta forma um papel importante visando principalmente à preservação e utilização das plantas potencialmente econômicas. A qualidade fisiológica das

sementes é fundamental para trabalhos silviculturais, de melhoramento e conservação genética, onde sementes de alta qualidade são dotadas de maior vigor e poder germinativo (SANTOS et al., 1998).

CRESCIMENTO INICIAL

Pouco se conhece sobre o comportamento de espécies nativas crescendo em diferentes níveis de estresse. Esse tipo de informação é de sumo interesse para otimizar a produção. É importante o estudo dos principais processos fisiológicos durante o crescimento de plantas jovens sob condições de viveiro, visando a produção de mudas com padrão de qualidade para utilização em programas de revegetação de ambientes degradados ou perturbados, além de um melhor aproveitamento dos recursos oferecidos pela espécie (ALMEIDA et al., 2004).

A deficiência hídrica é o fator limitante de maior significância na sobrevivência e crescimento inicial de plantas (BLAKE, 1993), atuando na maioria dos processos fisiológicos e morfológicos dos vegetais (GUIMARÃES et al., 1996). Várias são as formas de respostas das culturas ao estresse. Pode-se destacar a abscisão de folhas, redução do ciclo de vida, redução da área foliar e aprofundamento do sistema radicular, dentre outros. Em condições de estresse hídrico por curto período de tempo ocorre uma limitação na absorção de dióxido de carbono devido ao fechamento estomático (TAIZ e ZEIGER, 2002), que conseqüentemente acarreta prejuízo na fotossíntese (LARCHER, 2000).

O crescimento da planta depende, basicamente, da divisão e/ou aumento do volume das células. Estes dois fenômenos, por sua vez, são dependentes do metabolismo e especialmente do balanço hídrico das células dos tecidos. O alongamento da célula vegetal ocorre à medida que a água penetra em uma célula, o seu potencial de pressão aumenta, tendendo a atingir o valor absoluto do potencial osmótico. Todavia, se o potencial de pressão aumenta, a parede celular é submetida a uma pressão que faz com que ela se distenda. Se a parede cede, a célula aumenta de volume, o potencial de pressão diminui e conseqüentemente o seu potencial hídrico também diminuirá. Esta redução do potencial hídrico celular irá possibilitar maior entrada de água, aumento do potencial de pressão e o reinício de

todo o ciclo. Isto continuará acontecendo até que a parede celular “perca” a sua propriedade de extensibilidade. Portanto, o crescimento celular (aumento irreversível em volume) será função da elasticidade da parede e do potencial de pressão mínimo requerido para provocar distensões dessa parede (PRISCO, 1981).

Trabalhos relevantes sobre o comportamento ecofisiológico de espécies lenhosas nativas têm sido realizados nos últimos anos, em sua maior parte com espécies do cerrado, porém os dados sobre a atividade fotossintética, notadamente para espécies da mata Atlântica, são ainda restritos (JOSHI, 1995; RICHARDSON et al., 2001).

A fotossíntese é importante para a produção, pois é a fonte de carbono orgânico e energia necessária para o crescimento da planta, na produção de biomassa. Sabe-se que a fotossíntese é controlada por fatores de estresse ambiental, por isso a importância de compreender a relação entre produtividade e ambiente (PESARAKLI, 1997).

Medidas da emissão da fluorescência da clorofila *a* são muito utilizadas para estudar efeitos de estresses ambientais, visto que a fotossíntese é freqüentemente reduzida quando a planta está submetida a condições adversas. Porém, a interpretação dos dados obtidos é muitas vezes contraditória, em particular devidos às mudanças dos valores da fluorescência inicial (F_0) (XU e HONG, 1999). Por exemplo - decréscimos na fluorescência máxima (F_m) e um aumento da fluorescência inicial (F_0) podem sugerir algum tipo de estresse em plantas (BJORKMAN e POWLES, 1984).

A fluorescência da clorofila *a* tem sido muito utilizada como método preciso e não destrutivo capaz de estimar a taxa de transporte de elétrons fotossintéticos e a eficiência fotoquímica dos fotossistemas na captação da luz e, portanto, em contribuir com esqueletos carbônicos para a formação de compostos orgânicos potencialmente aptos a formar proteínas e enzimas para o metabolismo do nitrogênio, implicando em maiores taxas de crescimento da espécie (XU e HONG, 1999; BRON et al., 2004; BAKER e ROSENQVIST, 2004).

O estresse hídrico leva à clorose das folhas mais velhas e sua conseqüente abscisão. Visto que as clorofilas e os pigmentos carotenóides são requeridos para a absorção de energia radiante e fotossíntese, alterações significativas nos teores

desses pigmentos são sintomas comuns de estresse nutricional e estresse hídrico (PESSARAKLI, 1997).

A escassez de conhecimentos sobre a plasticidade fenotípica das árvores de uma floresta foi muito discutida por SCHLICHTING (1986). De fato, existem apenas poucos estudos comparando variações na estrutura e função das folhas, tornando os estudos sobre o comportamento ecofisiológico de espécies florestais e sua plasticidade fenotípica ainda muito raros (RICHARDSON et al., 2000).

Plasticidade fenotípica retrata a habilidade de um organismo alterar sua fisiologia e/ou morfologia em decorrência de sua integração com o ambiente (SCHLICHTING, 1986; STEARNS, 1989; SCHEINER, 1993). Espécies com grande potencial para plasticidade em caracteres ligados à sobrevivência apresentam vantagens adaptativas em ambientes instáveis, heterogêneos ou de transição, visto que as mudanças produzidas podem facilitar a exploração de novos nichos, resultando no aumento da tolerância ambiental (VIA et al., 1995; CARDOSO e LOMÔNACO, 2003).

Por muito tempo, acreditou-se que a plasticidade fenotípica limitaria o potencial para mudanças evolutivas, por reduzir o impacto da seleção natural na estrutura genética de populações (WRIGHT, 1931). Entretanto, ao longo das duas últimas décadas, foram desenvolvidos novos métodos de estudo e modelos matemáticos de genética quantitativa que descreveram a relação da plasticidade fenotípica com importantes processos biológicos (SCHEINER e CALLAHAN, 1999).

Espera-se que uma população que ocupe um ambiente heterogêneo apresente grande potencial plástico em suas características fisiológicas e/ou morfológicas. Por causa disto, a formação de ecótipos ou variedades pode ser bastante favorecida em ambientes de transição ou ambientes que apresentam gradientes edáficos (FUZETO e LOMÔNACO, 2000).

Organismos diferem em sua habilidade de responder às variações ambientais, podendo, inclusive não apresentar plasticidade, o que é denominado canalização (WEINIG, 2000). O potencial para a plasticidade pode diferir entre indivíduos de uma população porque existem genes específicos para a plasticidade fenotípica que atuam como elementos regulatórios (CARDOSO e LOMÔNACO, 2003).

Recentemente, a aroeira tem despertado o interesse de produtores no estado do ES e no mundo. As sementes da espécie (que apesar de não pertencer à família das pimentas-Piperaceae), são comercializadas com o nome de “pimenta-rosa”, e vêm se destacando no mercado internacional por possuir aroma adocicado e suave paladar, sendo bastante utilizada na culinária internacional (<http://www.chefonline.com.br> ; <http://revistaepoca.globo.com/Epoca.html>). O aumento da procura pela “pimenta” no mercado gerou problemas ecológicos. A falta de oferta do produto fez com que a espécie, abundante em remanescentes de restinga e parques florestais, fosse retirada de forma indevida, prejudicando seu desenvolvimento normal. Além disso, *Schinus terebinthifolius* Raddi apresenta ampla utilização medicinal graças a sua ação anti-séptica, cicatrizante e bactericida, entre outras, fato que aumenta a exploração indevida da espécie (<http://www.febrasgo.org.br> ; <http://members.tripod.com.br>).

A aroeira do campo (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma árvore de uso ornamental e medicinal, pertencente à família Anacardiaceae. Suas flores são melíferas e sua madeira é moderadamente pesada, resistente e de grande durabilidade natural. Sua dispersão é ampla, ocorrendo desde a restinga até a floresta pluvial e semidecídua de altitude (LORENZI, 1998). A espécie é freqüentemente encontrada em áreas de restinga e em florestas pluviais.

A restinga é um ambiente caracterizado pelas altas temperaturas e influência marinha, que tornam o solo arenoso, seco e possuidor de altos teores salinos, fazendo deste um ambiente restrito a poucas espécies adaptadas à essas condições. As florestas pluviais são caracterizadas pelos solos geralmente férteis, temperaturas mais amenas e alta umidade, que tornam esse ambiente favorável ao desenvolvimento vegetal, e conseqüentemente com maior diversidade biológica (LEITE, 1994).

Este estudo teve por objetivo estudar o crescimento inicial de plântulas obtidas a partir de sementes de *S. terebinthifolius* provenientes de populações situadas em ecossistemas diferentes: restinga e floresta pluvial.

O Brasil não aproveita sua grande diversidade de espécies arbóreas com crescimento rápido. Para algumas espécies nacionais, como a aroeira, já foram identificadas aplicações imediatas, e muitos países já importam sementes para plantio. Outros países, já se antecipando ao colapso no fornecimento mundial de

madeiras previsto para 2006, estão preservando suas florestas e importando madeira do Brasil (<http://www.brasilnews.com.br/News>).

Além disso, a aroeira se tornou uma fonte de renda para muitas populações carentes que vivem próximas a áreas onde existe a espécie, que coletam as sementes e revendem, fato que desencadeou uma extração desordenada que pode causar futuros desequilíbrios, caso não seja realizado um manejo nestes locais. Visando um manejo sustentável da espécie, o estado de Minas Gerais implantou uma lei, onde a coleta não autorizada das sementes é crime, apenas podendo ser feita por agricultores regularizados. Assim, a pimenta tem chamado a atenção de agricultores de todo o país, em especial no estado do Espírito Santo, onde já existe o cultivo da espécie para exportação das sementes, que na Europa possuem alto valor econômico (<http://revistaepoca.globo.com/Epoca.html> ; <http://www.brasilnews.com.br/News>).

O presente trabalho encontra justificativa no fato de que um maior conhecimento da ecofisiologia das espécies nativas da Mata Atlântica permite gerar dados utilizáveis na otimização da produção de mudas para reflorestamento, permitindo um manejo florestal mais adequado e eficiente.

O conhecimento dos processos fisiológicos para espécies florestais nativas assume papel importante visando principalmente à preservação e utilização das plantas potencialmente econômicas (SANTOS, 2003). Para a exploração racional das potencialidades das espécies nativas na recuperação de ambientes com algum tipo de perturbação, é de suma importância o estudo da autoecologia da espécie (ALMEIDA et al., 2004). O desenvolvimento pleno de uma planta visando o máximo de produção, resulta das condições intrínsecas do vegetal com o ambiente que a envolve (MOREIRA, 2001). Além disso, o crescimento das plantas pode refletir a habilidade de adaptação das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão se desenvolvendo. Geralmente as características de crescimento são utilizadas para inferir o grau de tolerância ou de intolerância das espécies às diferentes condições adversas (NAVES et al., 1994).

Informações sobre a espécie

A aroeira vem chamando a atenção de produtores do estado do Espírito Santo, interessados em vender suas sementes ao mercado externo, onde é muito apreciada, sendo conhecida como pimenta-rosa. Além disso, é uma planta com potencial medicinal e ornamental. É esperado que uma espécie de ampla distribuição, como a aroeira, apresente plasticidade às variações do ambiente. Portanto, o desenvolvimento da espécie, assim como a produção de sementes, está associada à complexidade das interações entre espécies e destas com fatores ambientais. A falta de conhecimento sobre a capacidade de recuperação que as espécies apresentam quando submetidas a perturbações diversas, tem sido o maior problema na tentativa de uso racional dos recursos florestais (PIÑA-RODRIGUES et al., 1990).

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, L. P. de, ALVARENGA, A. A. de, CASTRO, E. M. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciencia Rural**, vol.34, no.1, p.83-88, jan./fev. 2004.

AWAL, M.A.; IKEDA, T. Effects of changes in soil temperature on seedling emergence and phenological development in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, p.101–113, 2002.

BASKIN, J.M. ; BASKIN, C.C. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M.A.; PARKER, V.T. & SIMPSON, R.L. (eds.) **Ecology of soil Seed Banks**. Academic Press: San Diego, C.A. 462p, 1994.

BAZZAZ, F.A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 10, p.351-371, 1979.

BAWA, K.S.; ASHTON, P.S.; PRIMACK, R.B.; TEBORGH, J.; NOR, S.M.; HADLEY, M. Reproductive Ecology of Tropical Plants: Research Insights and Managements Implications. **The International Union of Biological Sciences New Magazine**, v.21, p.31-36,1989.

BAKER, N.R. ; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 445p. 1994.

BJÖRKMAN, O.; POWLES, S.B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. **Planta**, New York, v.161, p.490-504, 1984.

BLAKE, T. J. Transplanting shock in white spruce; effect of cold storage and root pruning on water relations and stomatal conditioning. **Plant Physiology**, n. 57, p. 210- 216, 1993.

BORGES, E.E. de L., BORGES, R. de C.G., de PAULA N.F. Efeito da temperatura e do estresse hídrico na germinação de sementes de fedegoso *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. e de *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de sementes**. v. 19, n.2, p. 156-159, 1997.

BORGHETTI, F. ; LABORIAU, L.G. Inhibition of phytochrome by deuteriumoxide in the germination of akenes os *Cosmos sulphureus* Cav. **Ciência e Cultura**, v.46, p.177-181, 1994.

BRON, I.U; RIBEIRO, R.V.; AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; MACHADO, E.C. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of “Golden” papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.33, p.163-173, 2004.

CAMPOS ; TILLMANN. Metodologia para Germinação de Sementes de Tomates. **Revista Brasileira de AGROCIÊNCIA**, v.3, no 1, 37-42, Jan.-Abr., 1997.

CARDOSO, G.L.; LOMÔNACO, C. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n°.1, p.131-140, 2003.

CARNEIRO, J.V.P. ; BRACCINI, A.L. Relações hídricas durante a germinação. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.6, n.1, p. 46-55, 1996.

COPELAND, L.O; MCDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. New York. Chapman & Hall, p.59-110, 1995.

CORDAZZO, C.V. ; SEELIGER, U. Phenological and biogeographical aspects of coastal dune plant communities in southern Brazil. **Vegetation**, v.75, p.169-173, 1998.

DEJONG, G. ; STEARNS, S. C. Phenotypic plasticity and the expression of genetic variation. In: Dudley EC, **The unity of evolutionary biology. Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and evolutionary Biology.** University of Maryland, July 1990, Portland, OR: Dioscorides Press, p.707-718, 1990.

EVERHAM III, E.M.; MYSTER, R.W.; VANDEGENNACHTE, E. Effects of light, moisture, and litter on the regeneration of five tree species im the tropical montane wet forest of Puerto Rico. **America Journal of Botany**.v.83, n.8, p. 1063-1068, 1996.

FUZETO, A.P. ; LOMÔNACO, C. Potencial plástico de *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, p.169-176, 2000.

GONZÁLEZ, E.J. Recolección y germinacion de semillas de 26 especies arbóreas Del bosque húmedo tropical. **Revista Biología Tropical**, v.39, n.1, p.47-51, 1991.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca II. Produtividade e componentes agronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.481-488, 1996.

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, v.22, p.1-7, 1994.

HOLT, J.S. Plant response to light: a potential tool for weed management. **Weed Science**, v.43, p.474-482,1995.

JOSHI, S.C. Species specific diurnal changes in chlorophyll fluorescence in tropical deciduous and evergreen plants growing in the field during summer. **Photosynthetica**, v.31, n.4, p.549-557, 1995.

LABORIAU, L. G. **Germinação das sementes.** Secretaria Geral da Organização dos estados Americanos, Washington, 1983.

LARCHER, W. A influência do estágio de desenvolvimento e do nível da atividade vegetal sobre a respiração e fotossíntese. **Ecofisiologia Vegetal**, V.2, p.104-180, 2000.

LEITE, I.T.A. **Estudo da germinação de sementes de *Muntingia calabura* L.** Dissertação de Mestrado. Rio Claro, UNESP, 57 p.,1994.

- LEITE, I.T.A. **Aspectos fitoecológicos da germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (D.C.) Naud- Melastomataceae.** Tese de Doutorado. Rio Claro, UNESP, 114 p.,1998.
- LOOMIS, R.S. ; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems.** Cambridge University Press, Cambridge, p.538.1992.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Ed. Plantarum, p.352, 1998.
- MAYER, A.M. ; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** 4^o ed., Pergamon Press, Oxford, 1989.
- MOREIRA, D.R. **Efeito do estresse hídrico sobre a produtividade nos cultivares de trigo, Anahuac (*Triticum aestivum* L.) e IAC-1003 (*Triticum durum* L.) em diferentes estádios fenológicos e níveis de nitrogênio.** Tese apresentada ao Instituto de Biociências na Universidade Estadual Paulista, 83p., 2001.
- NAVES, V.L.; ALVARENGA, A.A. de; OLIVEIRA, L.E.M. de. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.408-414, out./dez. 1994.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. Comportamiento estomático y tension de água em el xilema de dos genótipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. **Investigación agrária**, Madrid España, v.15, n°3, p. 213-225, 2000.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1331-1342, 2000.
- OLIVEIRA, M.N.S. **Comportamento fisiológico de plantas jovens de acerola, carambola, pitanga, cupuaçú, graviola, pupunha e biribá em função da baixa disponibilidade de água no solo.** Dissertação de Mestrado. 67p. Lavras: UFAL, 1996.
- PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis.** New York: Marcel Dekker, p.1027, 1997.

PIÑA-RODRIGUES, F. C.; COSTA, L. C.; REIS, A. **Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais**. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6, Campos do Jordão, 1990.

PRISCO, J.T.; ENEAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p.63-71, 1981.

PROBERT, R. J. The role of temperature in germination ecophysiology. In: FENNER, M. **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**. Trowbridge, UK: CABI, cap. 10, p. 285-326, 1993.

RICHARDSON, A. D., ASHTON, P. M. S., BERLYN, G. P., MCGRODDY, M. E., CAMERON, I. R. Within-crown Foliar Plasticity of Western Hemlock *Tsuga heterophylla*, in relation to stand age. **Annals of Botany**, v.88, p. 1007-1015, 2001.

RICHARDSON, A. D., BERLYN, G. P., ASHTON, P. M. S., TADHANI, I. R., CAMERON, I. R. Foliar Plasticity of hybrid spruce in relation to crown position and stand age. **Canadian Journal of Botany**, v.78, p.305-307, 2000.

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. ; VIANA, S. B. A. Germinação e formação de mudas de arroz irrigado sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.397-403, 2002.

ROSA, S.G.T.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. **Acta Botânica Brasileira**, v.15, n°2, p.147-154, 2001.

SANCHEZ-MORA, J.I.S. Aptitud de tierras para riego: Factores del medio natural III. In: **CURSO INTERNACIONAL SOBRE RIEGO Y DRENAJE**. Madrid: CENTER, 179 p., 1989.

SANTOS, D. L.; **Aspectos Fisiológicos de cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vell.)-Meliaceae**. Rio Claro, 2003. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 2003.

SANTOS, J.W. dos; MOREIRA, J. de A.N.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.225-230, 1998.

SCHEINER, S.M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, p.35-68, 1993.

SCHEINER, S.M.; CALLAHAN, H.S. Measuring natural selection on phenotypic plasticity. **Evolution**, v.53, p.1704-1713, 1999.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p. 667-693, 1986.

SOKOLOWSKI, F. **Ecofisiologia da germinação de sementes de *jacaranda mimosifolia* D. Don (bignoneaceae)**. Dissertação (mestrado). Rio Claro, UNESP, 55 p., 2002.

STEARNS, A.D. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. **Bioscience**. v.39, p.436-445, 1989.

TAIZ, L. ; ZEIGER, L. *Plant Physiology*, Sinauer Assoc., 2002.

VAZQUEZ-YANEZ, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiologia ecologica de las semillas de árboles de la selva tropical. **Ciência**, v.35, p.191-201, 1984.

VAZQUEZ-YANEZ, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in tropical rain forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p.69-87, 1993.

VIA, S. The evolution of phenotypic plasticity: What do we really know? In: **Real LA**, ed. *Ecological genetics*. Princeton, NJ: Princeton University Press, p.35-57,1994.

ZAITER, H.; BAYDOONUN, E.; SAYYED-HALLAK, M. Genotypic variation in the germination of common bean in response to cold temperature stress. **Plant and Soil**, v.163, p. 95-101, 1994.

WEINIG, C. Plasticity versus canalization: population differences in the timing of shade-avoidance responses. **Evolution**, v.54, p.441-451, 2000.

WEST-EBERHARD, M. J. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.20, p. 2549-278,1989.

WRIGHT, S. Evolution of Mendelian populations. **Genetics**, v.16, p.97-159, 1931.

XU, D. Q. ; HONG, S. Light-induced increase in initial chlorophyll fluorescence F_0 level and the reversible inactivation of PS II reaction centers in soybean leaves. **Photosynthesis Research**, v.61, p.269–280, 1999.

<http://www.chefonline.com.br> capturado em janeiro de 2005.

<http://revistaepoca.globo.com/Epoca.html> capturado em janeiro de 2005.

<http://www.febrasgo.org.br> capturado em janeiro de 2005.

<http://members.tripod.com.br> capturado em janeiro de 2005.

<http://www.brasilnews.com.br/News> capturado em janeiro de 2005.

<http://revistaepoca.globo.com/Epoca.html> capturado em janeiro de 2005.

<http://www.brasilnews.com.br/News> capturado em janeiro de 2005.

CAPÍTULO 1- “ESTUDO ECOFISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.

RESUMO

Schinus terebinthifolius Raddi é uma espécie de ampla distribuição, que se adapta bem em vários tipos de habitat. Apresenta grande valor ecológico devido à procura dos frutos pela avifauna e seu valor econômico em função de seu uso como condimento e como planta medicinal, justificam estudos visando conhecer a fisiologia e ecologia da espécie. As sementes de uma espécie estão sujeitas a variações climáticas que acabam por ressaltar certos aspectos de sua composição genética. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação da espécie, frente a diferentes fatores abióticos, como: luz, temperatura (isotermas de 5 a 40°C) potencial osmótico e salinidade, visando avaliar as exigências ecológicas de sementes de duas populações de aroeira, coletadas nos ambientes de Restinga (R) e Floresta pluvial (FP). Com relação ao requerimento de luz a espécie se mostrou indiferente. As sementes apresentaram teor de umidade em torno de 21 a 25% sem diferenças significativas entre as duas populações. A alta porcentagem de germinação (%G) atingida em condições de FP (69%) diferiu significativamente das encontradas em R (41%). Submetidas aos estresses simulados, as sementes da população FP apresentaram sempre um melhor desempenho na germinação em relação à população R, fato verificado através das porcentagens de germinação nas temperaturas testadas, sob condições de luz e escuro. Os resultados encontrados sugerem que a resposta fisiológica da semente está relacionada ao ambiente de origem, e que provavelmente expressará diferentes características genéticas em função do ambiente no qual germinará, indicando que as condições de cultivo podem ser cruciais no desenvolvimento de mudas e produção de sementes.

Palavras-chave: germinação, estresse hídrico, estresse salino e *Schinus terebinthifolius*.

CHAPTER 1- “ECOPHYSIOLOGICAL STUDY OF *Schinus terebinthifolius* (Raddi) SEED GERMINATION”.

ABSTRACT

Schinus terebinthifolius (Raddi) is a widely distributed species, commonly called “pimenta-rosa”. Within the same species, seeds from different locations are subjected to climatic and environmental variations, which result in bringing out certain aspects of its genetic composition, that means, that a given environment can cause the expression of specific characteristics, which will not manifest in a different location. This work investigated *S. terebinthifolius* seed germination under some abiotic conditions: light, temperature, water stress and osmotic stress. The aim of this work was to compare *S. terebinthifolius* seed germination from two different habitats: Restinga (R) and Wet Forest (FP). Seeds from both environments germinated under light and dark conditions. Seed water content from both populations was about 21 and 25%, with no statistical difference between them. The FP population had higher germination percentage (69%), compared with R population (41%), with a statistical difference between them. Under water and osmotic stress, the FP population showed a higher germination compared to R population. The results suggest that seed physiology is related to their original environment. Seeds are probably expressing genetic features in response to environment.

Keywords: germination, water stress, osmotic stress and *Schinus terebinthifolius*.

1. INTRODUÇÃO

A germinação é uma etapa crucial para o estabelecimento das plantas em condições naturais. O processo de germinação inicia-se com o surgimento das atividades metabólicas que foram quase paralisadas após a maturação da semente.

Muitos fatores exercem grande influência no processo de germinação, como a temperatura, luminosidade, umidade, salinidade, entre outros. A temperatura altera a velocidade de absorção de água, interferindo diretamente nas reações de síntese e mobilização de reservas (BEWLEY e BLACK, 1994).

A água é outro fator importante no controle da germinação de sementes em várias espécies, sendo de fundamental importância na ativação de diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação das sementes. Assim, estudos que procuram avaliar as respostas das sementes de espécies florestais em relação ao estresse hídrico, auxiliam na compreensão dos processos de repovoamento destas espécies sob diferentes condições abióticas que podem estar influenciando a germinação de suas sementes (BORGES et al., 1997).

A tolerância salina varia com a espécie, podendo ocorrer, também, variações de tolerância salina dentre genótipos da mesma espécie. Vários processos bioquímicos e fisiológicos das plantas são alterados pela salinidade, afetando negativamente a produtividade da cultura (LOOMIS e CONNOR, 1992).

Schinus terebinthifolius Raddi é uma espécie rústica e muitas vezes dominante se adaptando bem em vários tipos de habitat. Apresenta grande valor ecológico devido a sua procura pela avifauna e seu valor econômico em função de seu uso como condimento e como planta medicinal, justifica um estudo visando conhecer a fisiologia e ecologia da espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material Vegetal e Condições de Cultivo

Em todos os ensaios foram utilizadas sementes de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), provenientes de duas populações situadas em ambientes distintos. As coletas foram realizadas no período de abril a junho de 2002 nos seguintes ambientes: floresta Pluvial (FP) e restinga (R).

A coleta da população FP foi realizada em uma área de floresta ombrófila densa situada no Parque Estadual da Fonte Grande (20° 18'31" S, 40° 20'26" W), no município de Vitória, ES. A população R foi coletada em uma área de restinga no município de Anchieta (20° 48'21" S, 40° 38 '44" W), com altitude equivalente a 2 metros, adjacente à Mineradora Samarco.

2.2 - Teor de Umidade

O teor de umidade foi calculado visando verificar a quantidade de água das diferentes populações e se estes variavam entre si em sementes frescas e após um período de seis meses de armazenamento.

Para a determinação do teor de umidade das populações R e FP foram utilizadas amostras de 200 sementes. Este teste foi realizado imediatamente após a coleta das sementes e após seis meses de armazenamento foi repetido, utilizando

sementes armazenadas a 4°C em frascos de vidro fechados, na ausência de luz . As amostras permaneceram 24 horas em estufa de circulação forçada, a 105°C, de acordo com a metodologia descrita em BRASIL (1992). A porcentagem de umidade foi calculada com base na massa úmida, utilizando-se a fórmula, abaixo, de acordo com a metodologia prescrita pelas Regras de Análise de Sementes BRASIL (1992).

$$\% \text{ de umidade (U)} = 100.(P-p) / P-t$$

Onde:

P= massa inicial – a massa do recipiente e sua tampa mais a massa da semente úmida;

p = massa final – a massa do recipiente e sua tampa mais a massa da semente seca;

t = tara – a massa do recipiente com sua tampa.

2.3- Experimentos:

2.3.1- Efeitos da Luz e Temperatura na Germinação

Foram testadas diferentes isotermas para obtenção da faixa térmica ótima de germinação da espécie. Os ensaios foram realizados para as duas populações, FP e R, separadamente.

Os experimentos foram conduzidos em câmaras incubadoras – BOD (FANEM). Foram testadas as isotermas de 5° a 40°C, a intervalos de 5°C em condições de luz e escuro contínuos para ambas as populações. Nos tratamentos de luz foram utilizadas lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (Osram, 15 W). Todos os tratamentos consistiram de 4 repetições de 25 sementes por placa, utilizando como substrato camada dupla de papel de filtro saturado com água destilada. Nos tratamentos de escuro foram utilizados sacos plásticos pretos de polietileno. O monitoramento dos testes foi diário, e nos tratamentos de escuro a contagem foi feita sob luz verde de segurança (LABORIAU e COSTA, 1976). Foram consideradas

germinadas as sementes que apresentaram aproximadamente 2 mm de raiz (REHMAN et al., 1996), as quais eram descartadas no momento da contagem.

Os ensaios de germinação subseqüentes foram realizados a 25°C, temperatura ótima de germinação, para as populações FP e R, verificado no experimento inicial.

2.3.2- Efeitos do estresse Hídrico

Este experimento foi realizado para determinar a resposta das sementes de *Schinus terebinthifolius* (Raddi) a diferentes graus de estresse hídrico.

Para a obtenção dos diferentes potenciais de água foram utilizadas soluções de PEG 6000 em água destilada, a fim de se obter os seguintes graus de estresse hídrico: 0, -0,1, -0,2, -0,3, -0,6 e -0,9 Mpa, segundo equação sugerida por MICHEL (1983).

2.3.3- Efeitos do estresse Salino

Este experimento foi realizado para determinar a resposta das sementes de *Schinus terebinthifolius* (Raddi) à diferentes graus de estresse salino.

Para a obtenção das diferentes soluções salinas foram utilizadas soluções de NaCl 1M diluídas em água destilada a fim de se obter as seguintes concentrações: 0, 60, 90 e 120 mmol m⁻³ de NaCl.

2.4- Parâmetros de análise da germinação

Com os dados obtidos nos experimentos de germinação, foram calculadas as porcentagens de germinação, tempo médio, velocidade média e frequência relativa de acordo com as fórmulas propostas por LABORIAU e AGUDO (1987):

Porcentagem de germinação (G):

$$G = (n/a).100$$

onde:

n= n° total de sementes germinadas

a= n° total de sementes da amostra

Tempo médio(t):

$$t = (\sum ni. Ti) / \sum ni$$

onde:

ni= n° de sementes germinadas por dia

ti= tempo de incubação (dias)

Velocidade média (V):

$$V = 1/t$$

Onde:

t= tempo médio

Frequência relativa (FR):

$$FR = ni/Nt$$

Onde:

ni= n° de sementes germinadas por dia

Nt= n° total de sementes germinadas

2.5- Análise Estatística

Os valores de porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação foram analisados pelo programa Jandel Scientific (Sigma Stat). Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) dos dados obtidos e um teste *a posteriori* quando necessário. Os dados de porcentagem de germinação, previamente à análise de variância, foram transformados em arcoseno $\sqrt{\%/100}$ (ZAR, 1999). A análise estatística foi realizada ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de Umidade

O teor de umidade das sementes das populações R e FP não apresentaram diferenças estatísticas, apresentando valores entre 21 e 23%. Após seis meses de armazenamento observou-se queda significativa dos valores de umidade relativa nas populações, passando para 16 e 13%, respectivamente (Figura 1).

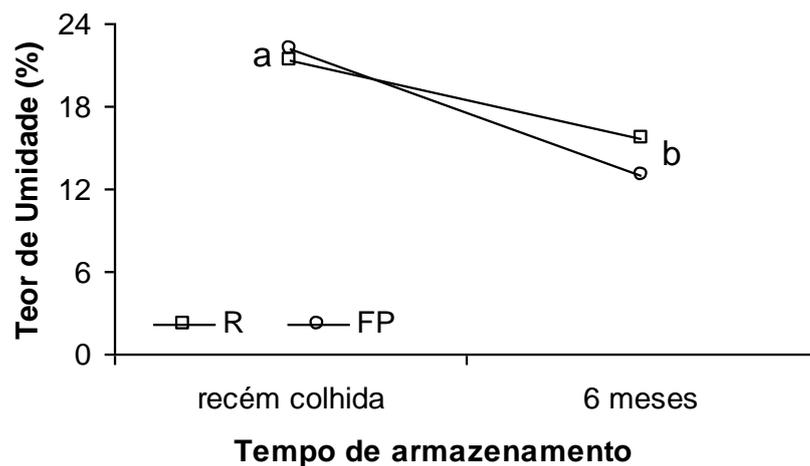


Figura 1: Teor de umidade das sementes provenientes das populações R e FP recém colhidas e após seis meses de armazenamento. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa entre os períodos de armazenamento ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O armazenamento das sementes deve ser iniciado na maturidade fisiológica, e o maior desafio é conseguir que as sementes, após um certo período, ainda apresentem elevada qualidade fisiológica. A deterioração de sementes envolve uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e físicas que, eventualmente, causam a morte da semente. As alterações são progressivas e determinadas por fatores genéticos, bióticos e abióticos, procedimentos de colheita, de secagem, de beneficiamento, de manuseio e armazenamento. Sendo que a longevidade da semente é bastante influenciada pelas condições de armazenamento, sobretudo pelo teor de água e pela temperatura ambiental (FERREIRA e BORGHETTI, 2004).

Por ocasião da maturidade fisiológica, as sementes apresentam-se com máximo vigor, verificando-se a partir de então uma queda progressiva na qualidade, amenizada através do estudo de tecnologia de sementes. Assim, uma semente madura e/ou recém colhida apresenta baixo conteúdo de umidade. Caso a semente seja armazenada em condições não apropriadas, a tendência é que ela entre em equilíbrio com o ambiente e torne absorver umidade, dando início ao processo de deterioração e perda de vigor. O armazenamento deve proporcionar condições ambientais apropriadas para os diferentes tipos de sementes, a fim de conservar a viabilidade das mesmas por períodos mais prolongados (BARBOSA e MACEDO, 1993).

3.2 Efeito da Luz e da Temperatura

Em relação ao requerimento de luz, a espécie se mostrou indiferente, germinando na presença e ausência de luz, como observado na Figura 2. Sementes insensíveis à luz tem fitocromo A controlando a germinação através da resposta de fluência muito baixa (TAKAKI, 2001).

A temperatura tem um importante papel na germinação de sementes, estando muitas vezes associada às características ecológicas da espécie (NETO et al., 2002). A faixa de temperatura ótima é bastante variável, de acordo com a espécie estudada, entretanto, geralmente a germinação é inibida por extremos de temperatura (SANTOS et al., 1998).

De acordo com os resultados obtidos para o efeito da luz e temperatura sobre a germinação (Figura 2), verificou-se que não houve diferença estatística entre as isotermas 15°, 20° e 25°C em condições de luz para ambas as populações. Em condições de escuro, a população R apresentou diferença estatística na isoterma 20°C em relação às outras temperaturas testadas. Para a população FP não houve diferença estatística entre condições de luz e escuro.

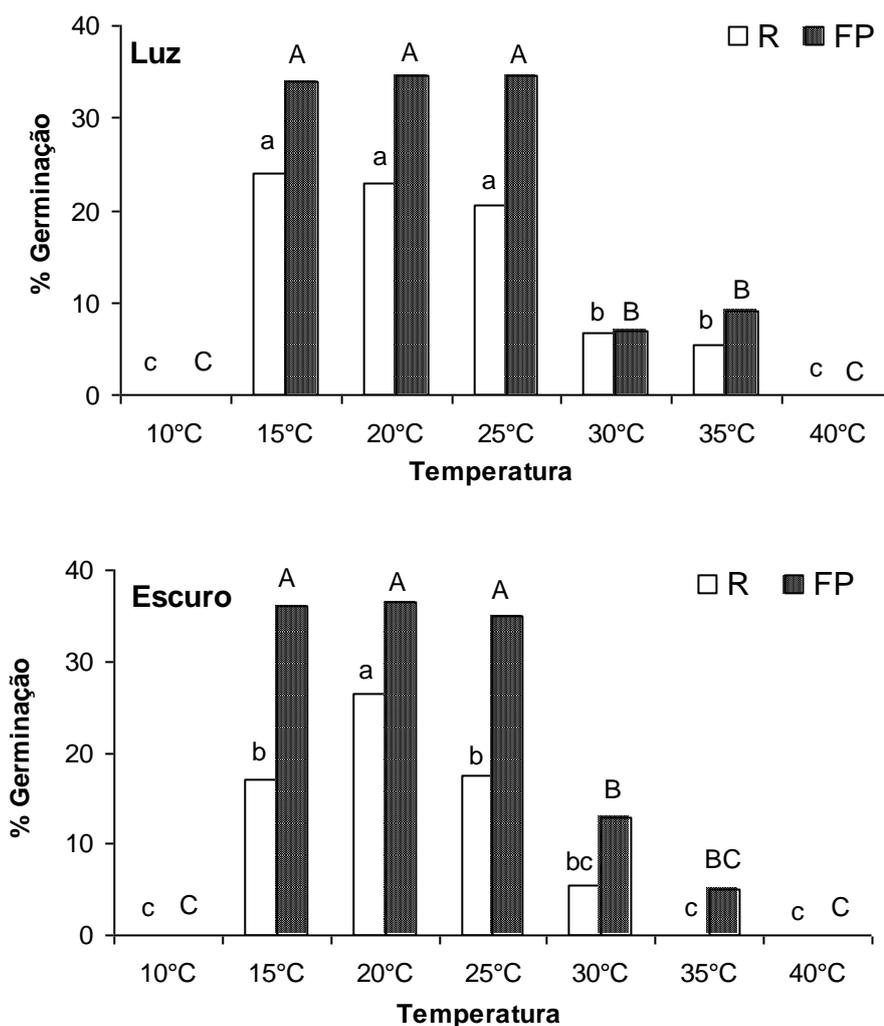


Figura 2: Porcentagem de germinação das sementes provenientes das populações R e FP submetidos às temperaturas de 10°C a 40°C em condições de luz e escuro. Médias com letras diferentes, maiúsculas ou minúsculas indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro das populações.

A comparação das populações estudadas em condições de luz e escuro, nas isotermas de 15 a 35°C são mostrados na Tabela 1.

a distribuição geográfica de uma espécie de planta com sementes (LABORIAU, 1983). A maioria das espécies tropicais apresenta temperatura mínima entre 10 e 15°C, como por exemplo *Prosopis juliflora* (PEREZ e MORAES, 1990), *Enterobilum contortisiliquum* (LIMA et al., 1997) e *Dalbergia nigra* (FERRAZ-GRANDE e TAKAKI, 2001), concordando com os resultados obtidos neste trabalho, que apresentou como temperaturas cardiais 15° e 35°, assim como a faixa ótima de germinação entre 15° e 25°C.

É importante salientar que fatores ambientais durante a maturação das sementes também influenciam a temperatura limite de germinação. A temperatura, durante o desenvolvimento das sementes na planta-mãe, pode afetar a germinação destas posteriormente (NASCIMENTO e CANTLIFFE, 2002).

Além disso, as altas temperaturas desnaturam as proteínas e alteram a permeabilidade das membranas, ocasionando perda de material. Algumas sementes de *Dalbergia retusa* germinaram a 45°C, indicando que essa espécie apresenta alta adaptação fisiológica a locais quentes, mas a maioria das plantas apresenta problemas quando expostas a temperaturas superiores a 40°C (GARCÍA e DI STÉFANO, 2000).

VAZQUEZ-YANEZ e OROZCO-SEGOVIA (1993) estudaram o efeito da luz na germinação de sementes de *Piper*, coletadas em diferentes ambientes e, analisando a velocidade de germinação, concluíram que a velocidade de germinação foi diferente para as diferentes populações estudadas. No presente trabalho, em relação à velocidade de germinação para a população R, não houve diferença estatística entre os tratamentos de luz e escuro. No entanto, a 35°C sob luz, a porcentagem de germinação foi mais alta (Figura 3). Para a população FP a 25°C, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os valores de velocidade de germinação, sob luz e escuro (Figura 4). No escuro os tratamentos não evidenciaram diferenças significativas entre si.

Essa distribuição da germinação no tempo sob temperaturas extremas, pode ser interpretada como uma vantagem da espécie para garantir que algumas sementes germinem em época adequada ao estabelecimento da plântula; na temperatura ótima a concentração da maioria das sementes germinando ao mesmo tempo garante a sobrevivência de um maior número de indivíduos. SANTOS (2003) atribuiu um significado adaptativo a este padrão de distribuição, mostrando que, em

condições desfavoráveis de temperatura ocorre uma maior distribuição de germinação no tempo. O atraso na germinação pode aumentar a probabilidade das plântulas encontrarem condições favoráveis em ambiente mutável.

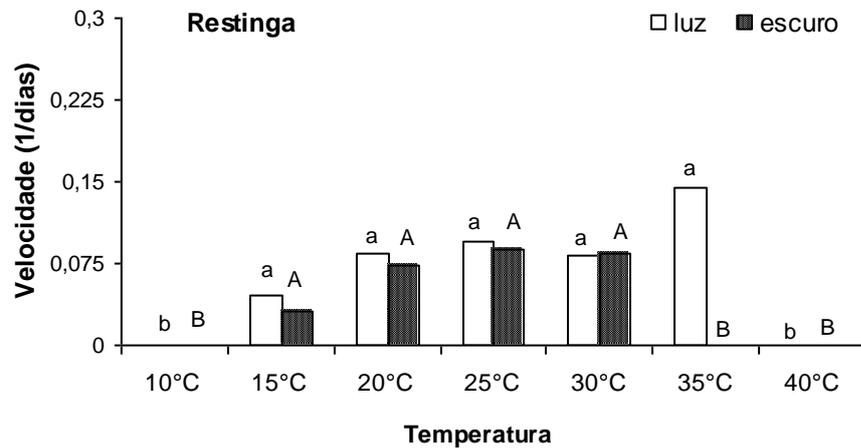


Figura 3: Velocidade de germinação das sementes provenientes da população R submetida às temperaturas de 10°C a 40°C em condições de luz e no escuro. Médias com letras diferentes, maiúsculas e minúsculas, indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro das populações.

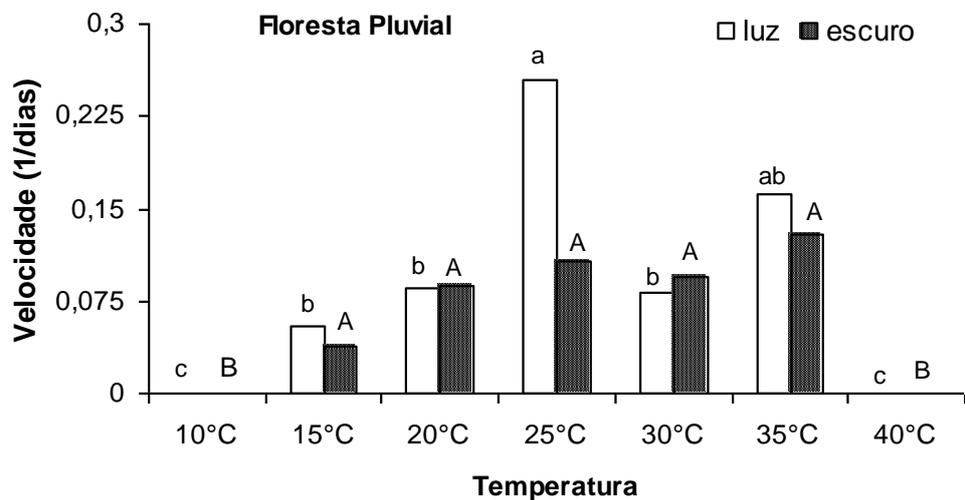


Figura 4: Velocidade de germinação das sementes provenientes da população FP submetida às temperaturas de 10°C a 40°C em condições de luz e escuro. Médias com letras diferentes, aiúsculas e minúsculas, indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro das populações.

3.3 Efeito do estresse hídrico

No presente estudo, no entanto, as sementes de *S. terebinthifolius* provenientes da restinga (R), quando testadas sob diferentes graus de estresse hídrico, apresentaram uma baixa porcentagem de germinação quando comparadas ao controle (Figura 5). Na comparação entre populações (R e FP), verificou-se maior tolerância ao estresse hídrico nas sementes da população FP, provenientes da floresta pluvial. Nestas, foi observada a germinação até um potencial de $-0,3\text{Mpa}$, enquanto nas sementes provenientes da restinga a germinação não ultrapassou o potencial de $-0,1\text{Mpa}$.

Observou-se também grande incidência de fungos quando as sementes de aroeira foram expostas aos diferentes potenciais osmóticos das soluções de PEG 6000, reduzindo sua germinabilidade. A hidratação da semente leva à liberação de solutos para o meio circundante, tais como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e vários íons, o que pode estimular o crescimento de patógenos, causando a deterioração das sementes e conseqüentemente uma menor porcentagem de germinação (FANTI e PEREZ, 2004).

Segundo BOTELHO et al. (2001) o aumento do estresse ambiental, em geral, leva inicialmente a um decréscimo na velocidade de germinação, e só posteriormente vem afetar a porcentagem de germinação das sementes. Ainda de acordo com esse autor, o que é sentido no estresse, não depende somente da constituição genética, mas também da condição fisiológica das sementes. Porém, de acordo com BEWLEY e BLACK (1994) o estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes, as quais possuem a vantagem ecológica de estabelecer plântulas em áreas onde sementes sensíveis à seca não podem fazê-lo.

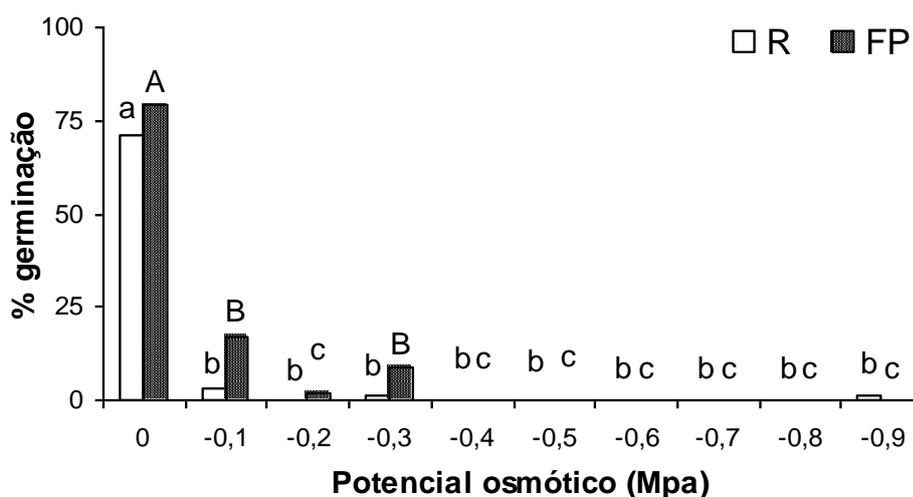


Figura 5: Porcentagem de germinação das sementes provenientes das populações R e FP a 25°C, submetidas aos seguintes potenciais osmóticos: 0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 Mpa. Médias com letras diferentes, maiúsculas e minúsculas indicam diferença significativa das populações entre os diferentes potenciais osmóticos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A água é o fator iniciante da germinação e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo germinativo. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e transporte de metabólitos, como reagente na digestão hidrolítica de tecidos de reserva da semente. Potenciais osmóticos muito negativos atrasam ou diminuem a porcentagem de germinação. O grau mínimo de umidade a ser atingido pela semente para que a germinação ocorra, depende de sua composição química e da permeabilidade do tegumento (BRADFORD, 1995).

Os resultados encontrados neste estudo concordam com as informações de BEWLEY e BLACK (1994), visto que o estresse hídrico provocou uma redução nos valores de porcentagem (Figura 5) e velocidade da germinação (Figura 6), fato observado para as duas populações estudadas. De acordo com FANTI e PEREZ (2004) a redução da porcentagem de germinação das sementes em condição de déficit hídrico é atribuída à menor difusão da água através do tegumento. O déficit hídrico ocasiona um prolongamento da fase estacionária do processo de embebição e, conseqüentemente, um menor desenvolvimento meristemático e atraso na protusão da radícula (BASKIN e BASKIN, 1994).

A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a redução da turgescência celular, que leva à diminuição do crescimento, uma vez que afeta a

divisão, alongamento e diferenciação celular (FANTI et al., 2004). Em condições não tão severas de déficit hídrico, o vegetal pode evitar a redução na turgescência celular iniciando medidas osmorregulatórias, como a síntese de compostos orgânicos e a conversão do amido em carboidratos solúveis, garantindo deste modo o influxo de água e a manutenção do volume da célula (BRADFORD, 1995; LARCHER, 2000). O ajuste osmótico, ou seja, a diminuição do potencial osmótico pelo aumento real de solutos intracelulares, é um importante mecanismo para subsistir ao estresse hídrico (BRAY, 1993).

Assim, potenciais hídricos bastante negativos impedem a absorção de água, inviabilizando a seqüência de eventos do processo germinativo (TORRES et al., 1999). Por sua vez, a absorção de água pela semente é muito rápida em condição de excesso de umidade no solo, ocorrendo desorganização das membranas celulares, rupturas nos tecidos, perda de solutos para o meio e surgimento de plântulas anormais e pouco vigorosas (LUCCA e REIS, 1995).

O estresse hídrico, em condições naturais, pode atuar de forma positiva no estabelecimento das espécies, pois provoca um atraso considerável no tempo de germinação das sementes. Dessa forma, a germinação é distribuída no tempo e no espaço, aumentando a probabilidade das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento (BEWLEY e BLACK, 1994).

Analisando as populações separadamente, verifica-se que as sementes provenientes da população FP apresentaram taxas significativas de germinação em potenciais onde as sementes da população R não germinaram. Isto indica que as sementes provenientes da população FP aparentemente apresentam uma maior resistência à seca quando comparadas às sementes de R, indicando para àquelas uma vantagem ecológica, e, possivelmente, uma maior plasticidade adaptativa.

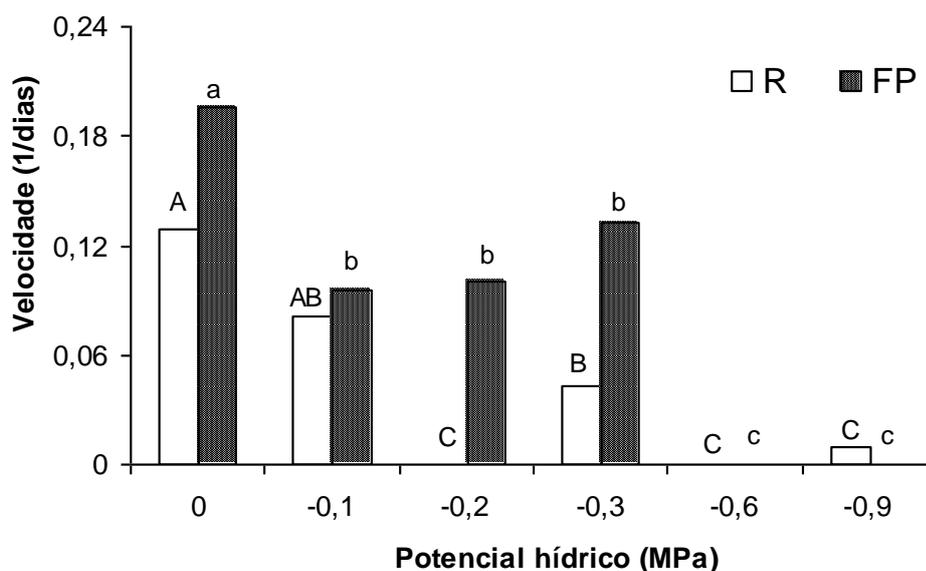


Figura 6: Velocidade de germinação das sementes provenientes das populações R e FP a 25°C, submetidas aos potenciais osmóticos de 0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 Mpa. Médias com letras diferentes, maiúsculas e minúsculas, indicam diferença significativa das populações entre os diferentes potenciais osmóticos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .

3.4 Efeito do estresse salino

Há registros de grande variabilidade de comportamento entre as culturas com relação aos limites de tolerância à salinidade. Genótipos de uma mesma espécie podem responder diferencialmente à ação da salinidade e o nível de tolerância de um mesmo genótipo pode ser também diferente entre as distintas fases do seu desenvolvimento (MAAS e GRATTAN, 1999). Todavia, a maioria das espécies é relativamente sensível à salinidade e, em geral, as culturas são incapazes de tolerar condições permanentes de estresse salino no solo (KRAMER, 1984).

Sabe-se que a salinidade, ao reduzir o potencial osmótico do meio, aumenta o tempo de embebição de água pelas sementes, resultando, inicialmente, em prolongamento do período de emergência da plântula; uma menor absorção de água pelas sementes afeta a percentagem de germinação (RHOADES e LOVEDAY, 1990). Vários autores têm constatado redução da velocidade de emergência em outras espécies, devido à diminuição do potencial osmótico, quer através de

tratamentos de salinidade, como no caso de melão, estudado por BARROS (1998), quer mediante simulação de estresse, induzido por agentes osmóticos, como verificado por PEREIRA (1997) em sementes de algodão.

A redução na porcentagem de germinação e o atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino (Figuras 7 e 8) podem estar relacionados com a seca fisiológica produzida pelo estresse, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial osmótico das sementes e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico. Esta redução pode afetar a cinética de absorção de água pelas sementes (efeito osmótico), como também elevar a níveis tóxicos a concentração de íons no embrião (efeito tóxico) (TOBE et al., 2000). A inibição da mobilização das reservas, segundo PRISCO et al. (1981), pode ser atribuída aos efeitos dos sais na atividade das enzimas responsáveis pela hidrólise e translocação dos produtos hidrolisados dos tecidos de reserva para o eixo embrionário, afetando deste modo o processo germinativo.

Os íons Ca^{2+} são essenciais na manutenção da integridade da membrana plasmática e contribuem para a diminuição do extravasamento de K^+ , o qual é responsável pela síntese de proteínas, amido e ativação de muitas enzimas no processo germinativo (CATALAN et al., 1994; FRANCO et al., 1999). A habilidade do protoplasma de tolerar altas concentrações de sal depende da compartimentalização seletiva dos íons que entram na célula. A maior parte dos íons provenientes dos sais acumulam-se nos vacúolos, processo que reduz a concentração de sais a que o citoplasma está submetido, com proteção do sistema de enzimas dos efeitos do estresse salino (LARCHER, 2000). O equilíbrio osmótico entre o citoplasma e os diferentes compartimentos celulares, como o vacúolo, é mantido por meio da síntese de compostos orgânicos com atividade osmótica. Os carboidratos solúveis e os aminoácidos contribuem para a proteção das biomembranas e das proteínas em relação aos efeitos deletérios da alta concentração iônica (FRANCO et al., 1999; LARCHER 2000). Um grau moderado de resistência ao sal em plantas é útil na tentativa de utilização de solos afetados por sais em regiões secas. Considerando que aproximadamente um terço da superfície terrestre do planeta é árida ou semi-árida, e que dessa área estima-se que metade seja afetada por sais, é importante o

investimento em pesquisas que visem à identificação espécies capazes de germinar e sobreviver satisfatoriamente nessas condições (LARCHER, 2000).

Os efeitos causados pelo estresse salino na porcentagem de germinação das populações estudadas (Figura 7), mostram que ambas apresentam sensibilidade aos níveis crescentes de salinidade. A população FP, entretanto, apresentou valores estatisticamente superiores quando comparada a população R, mostrando uma possível vantagem adaptativa. A velocidade de germinação na população R não sofreu alterações significativas estatisticamente, enquanto na população FP estes valores apresentaram um decréscimo nos tratamentos salinos (Figura 8).

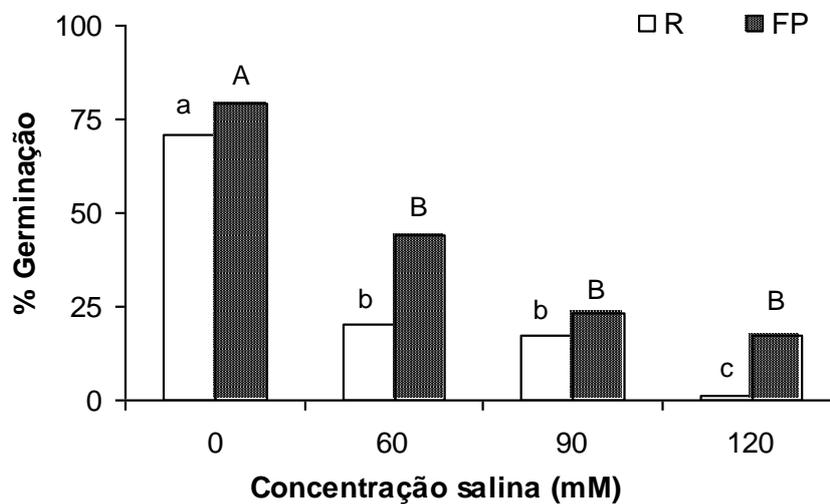


Figura 7: Porcentagem de germinação das sementes provenientes das populações R e FP a 25°C submetidas às concentrações salinas de 0; 60; 90 e 120 mM. Médias com letras diferentes, maiúsculas e minúsculas, indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro das populações.

A inibição do crescimento ocasionada pela salinidade, segundo TOBE et al. (2000), se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à seca fisiológica produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma. As sementes são sensíveis aos efeitos da salinidade e, quando semeadas em soluções salinas, observa-se inicialmente uma diminuição na absorção de água. A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar, por meio de regulação salina que excessivas quantidades de sais provenientes do substrato alcancem o protoplasma e, também de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (LARCHER, 2000). O aumento da concentração de compostos

como prolina, polióis e açúcares, serve para manter o potencial osmótico da célula compatível com a manutenção da estabilidade de algumas macromoléculas, proporcionando redução na perda de atividade enzimática ou da integridade da membrana, que ocorrem quando existe estresse hídrico ou salino (FREIRE, 2000).

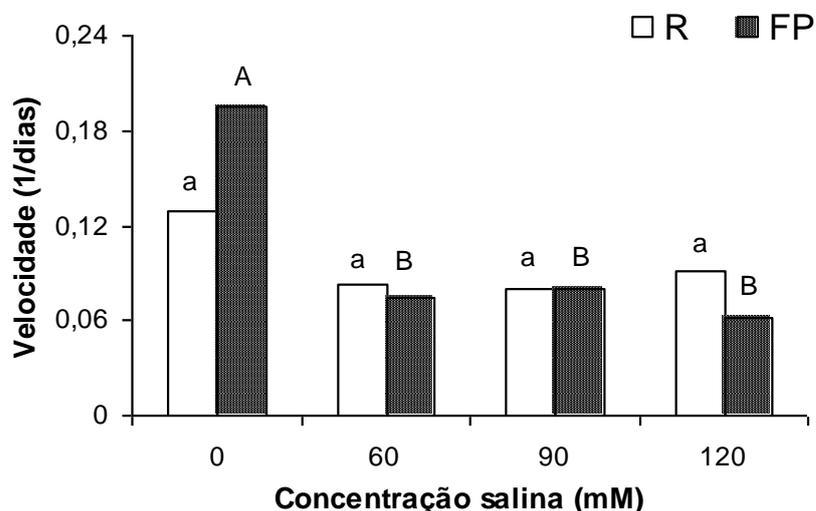


Figura 8: Velocidade de germinação das sementes provenientes das populações R e FP à 25°C submetidas às concentrações salinas de 0,0; 60; 90 e 120Mm. Médias com letras diferentes, maiúsculas e minúsculas, indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro das populações..

Sementes de aroeira não apresentaram um limite elevado de tolerância ao estresse salino. Entre as espécies florestais que apresentaram limite de tolerância ao estresse salino semelhante ao verificado em sementes de aroeira, pode-se citar *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Adenantha pavonina* L. (FANTI e PEREZ, 1998) e *Plathymenia reticulata* Benth. (MIRANDA, 1999).

Os resultados obtidos até o momento com as análises do comportamento germinativo das sementes de *Schinus terebinthifolius* indicam uma tendência das sementes provenientes da floresta pluvial a serem mais tolerantes a diferentes fatores adversos, indicando que as condições edáficas dos diferentes locais de ocorrência da espécie influenciam na porcentagem e velocidade de germinação nos tratamentos de estresse. Estes resultados concordam com os encontrados por outros autores (MAAS et al., 1986; MARTINEZ-COB et al., 1987), os quais encontraram níveis de tolerância distintos dentro de uma mesma espécie, mostrando a existência da capacidade de ajuste osmótico durante o período da ontogênese, indicando novamente que o período de desenvolvimento da planta é crucial na

produção e desenvolvimento das sementes. Além disso, a ampla faixa de temperatura de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* confere a esta espécie grande vantagem adaptativa, aumentando as chances de sobrevivência em relação a espécies com estreitos limites de luz e temperatura de germinação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As sementes de *Schinus terebinthifolius* das populações estudadas alcançaram sua máxima porcentagem de germinação na faixa de temperatura de 20° a 25°C, sendo a última considerada a temperatura ótima de germinação para a espécie, que foi neutra em relação ao requerimento de luz.

Os resultados obtidos na simulação dos estresses hídrico e salino, mostram que a espécie é sensível aos mesmos. Entretanto, as sementes provenientes da população FP apresentam uma maior resistência comparada às sementes de R ao serem submetidas aos estresses hídrico e salino. Desta forma, pode-se inferir que sementes oriundas de FP, ou seja, de um ambiente de floresta provavelmente irá gerar plântulas melhor desenvolvidas e mais resistentes.

Um dos pontos interessantes na investigação do comportamento de sementes com relação às suas estratégias de estabelecimento, é a investigação de seu comportamento fisiológico em relação a fatores que afetam o seu desenvolvimento. Infelizmente ainda não se tem muita informação básica a esse respeito para as espécies nativas, e dentro do possível, este trabalho procurou relacionar experimentos conduzidos em laboratório com o comportamento da espécie em condições naturais. Deve-se, no entanto, levar em consideração que experimentos em laboratório nem sempre refletem as condições reais encontradas pelas plantas em seus habitats naturais.

5. LITERATURA CITADA

BARBOSA, J.M.; MACEDO, A.C. **Essências florestais nativas de ocorrência no Estado de São Paulo**: informações técnicas sobre sementes, grupo ecológico, fenologia e produção de mudas. São Paulo: Instituto de Botânica e Fundação Florestal, 125p.1993.

BARROS, A. D. **Germinação, vigor e desenvolvimento do meloeiro (*Cucumis melo L.*) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, 1998.

BASKIN, J.M. ; BASKIN, C.C. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M.A.; PARKER, V.T. & SIMPSON, R.L. (eds.) **Ecology of soil Seed Banks**. Academic Press: San Diego, C.A. 462p, 1994.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 445p. 1994.

BORGES, E.E. de L., BORGES, R. de C.G., de PAULA N.F. Efeito da temperatura e do estresse hídrico na germinação de sementes de fedegoso *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. e de *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de sementes**. v. 19, n.2, p. 156-159, 1997.

BOTELHO, B. A. ; PEREZ, S.C.; GUALTIERI, J.A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.43-49, 2001.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J. & GALILI, G. (ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker,Inc., p.351-396. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDU/CLA, 365p. 1992.

- BRAY, E.A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, v.103, p.1035-1040, 1993.
- CATALAN, L.; BALZARINI, Z.; ALESNIK, E.; SERENO, R.; KARLIN, U. Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D.C.). **Forest Ecology and Management**, v.63, p.347-357, 1994.
- FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.167-177, 1998.
- FANTI, S.C. ; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.903-909, set. 2004.
- FERRAZ-GRANDE, F.G.A. ; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of Atlantic Forest endangered species, *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.44, n°4, p.401-404, 2001.
- FERREIRA, A. G. ; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FRANCO, O.L.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMESFILHO, E. Effects of CaCl₂ on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.145-151, 1999.
- FREIRE, A.L. de O. **Fixação do nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 92 p. 2000.
- GARCÍA. E.G. ; DI STÉFANO, J.F. Temperature y germinación de lãs semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol em peligro de extinción. **Revista Biología Tropical**, v.48, n°1, p.43-45, 2000.
- KRAMER, D. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. In: Staples, C.; Toenniessen, G.H. (eds.). **Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement**. New York: John Wiley & Sons. p.3-15. 1984.
- LABORIAU, L. G. **Germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos estados Americanos, Washington, 1983.

LABORIAU, L.G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispania* L. I Temperature Effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 59, n. 1, p.37-56, 1987.

LABORIAU, L.G. ; COSTA, J.A.F. **Objetivos e instalações básicas de um laboratório de fisiologia vegetal**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 1976.

LARCHER, W. A influência do estágio de desenvolvimento e do nível da atividade vegetal sobre a respiração e fotossíntese. **Ecofisiologia Vegetal**, V.2, p.104-180, 2000.

LOOMIS, R.S. ; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge University Press, Cambridge, p.538.1992.

LUCCA, A.; REIS, M.S. Considerações sobre a influência do potencial hídrico e do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Informativo Abrates**, v.5, p.42-50, 1995.

MAAS, E.V.; FRANCOIS, L.E.; DONOVANT, T. ; YOUNJS, V.L. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-awart and ourum what, **Agronomy Journal**, Madison, v.78, 1986.

MAAS, E.V.; GRATTAN, S.R. Crop yields as affected by salinity. In: Skaggs, R.W.; van Schilfgaarde, J. (eds) Agricultural drainage. Madison: ASA, CSSA, SSSA. **Agronomy Monograph** , v.38, p.55-108, 1999.

MARTINEZ-COB, A.; ARAGUES, R.; ROYO, A. Salt tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivate at the germination estage: analysis of the reponse functions. **Plant and Soil**, v.4, n.10, p.53-56, 1987.

MAYER, A.M. ; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4^o ed., Pergamon Press, Oxford, 1989.

MICHEL, B.E. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of the other solutes. **Plant Physiology**, v. 72, p. 66-70, 1983.

MIRANDA, A.R. de **Fenologia, aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. Fabaceae-Mimosoideae**. 184p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.1999.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p.103- 106, março 2.002.

NETO, J. C. de A., AGUIAR, I. B. de, FERREIRA, V. M.; RODRIGUES, T. de J. D. Temperaturas cardeais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.460-465, 2002.

PEREIRA, J.R. **Genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. *r.latifolium*) submetidos a estresse hídrico na fase de germinação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, 1997.

PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Influência da temperatura, da interação temperatura-geberelina e do estresse térmico na germinação de *Prosopis juliflora* (SW.) D.C. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.41-53,1990.

PRISCO, J.T.; ENEAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p.63-71, 1981.

REHMAN, S. et al., The effects of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of *Acacia* seeds. **Seed Science and Technology**, v.25, p.45-47, 1996.

RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (eds.). Irrigation of agricultural crops. Madison: ASA, CSSA, SSSA, **Agronomy**, v.30, p.1089-1142, 1990.

SANTOS, D. L.; **Aspectos Fisiológicos de cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vell.)-Meliaceae**. Rio Claro, 2003. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 2003.

SANTOS, J.W. dos; MOREIRA, J. de A.N.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.225-230, 1998.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds base don forms of phytochrome instead of photoblastism. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p. 104-108, 2001.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v.85, p.391-396, 2000.

TORRES, S.B.; VIERA, E.L.; MARCOS-FILHO, J. Efeitos do estresse hídrico na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, p.59-63, 1999.

VAZQUEZ-YANEZ, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in tropical rain forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p.69-87, 1993.

ZAR, J.H. **Bioestatistical analysis**. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall Inc., p.177-312, 1999.

CAPÍTULO 2- “ESTUDO ECOFISIOLÓGICO DE PLÂNTULAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA VERMELHA)”.

RESUMO

A aroeira do campo (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma árvore ornamental e medicinal, de ampla distribuição pertencente à família Anacardiaceae. A espécie tem despertado grande interesse devido ao uso de suas sementes na culinária européia, sendo conhecida como pimenta-rosa. O padrão de crescimento é programado pela constituição genética da espécie, e a expressão eventual deste é freqüentemente modificada pelas condições do ambiente no qual as plantas se desenvolvem. Várias são as formas de respostas das culturas ao estresse, podendo ocorrer variações de tolerância dentro da mesma espécie, o que caracteriza a plasticidade fenotípica da mesma. Assim, estudos que procuram avaliar as respostas das plântulas de espécies florestais em relação aos estresses aos quais podem ser submetidas assumem grande importância para a compreensão do processo de desenvolvimento destas espécies sob diferentes condições abióticas, visto que estes fatores podem influenciar a produção de sementes e conseqüentemente as gerações futuras. Plântulas obtidas de sementes provenientes de duas populações distintas, a saber: Restinga (R) e Floresta pluvial (FP) foram submetidas à diferentes graus de estresse hídrico. Os resultados mostraram que o desenvolvimento inicial das plantas foi afetado pelo estresse, entretanto as plântulas provenientes de FP apresentaram um crescimento superior à população R, especialmente nos tratamentos de maior estresse. Os resultados obtidos com a análise dos pigmentos e eficiência fotossintética indicam que os tratamentos sob condições de estresse mais severo tiveram uma alteração nos teores de pigmentos, provavelmente visando manter a atividade fotossintética constante, sugerindo um mecanismo natural de defesa da planta, especialmente nas plântulas provenientes de sementes da população FP.

Palavras-chave: crescimento, pigmentos, fluorescência.

CHAPTER 2- “ECOPHYSIOLOGICAL STUDY OF *Schinus terebinthifolius* (Raddi) SEEDLING DEVELOPMENT”.

ABSTRACT

Schinus terebinthifolius (Raddi) is a widely distributed species, with medicinal and ornamental uses. The seeds species has been used as a spice, commonly called “pimenta-rosa”. It’s growth model is defined by genetic apparatus and it’s expression is often modified by environmental conditions under which plants are grown. Plants can react to environmental stress in different manners, and the tolerance to stress is variable among species and even in the same species depending on the habitat. This is the so-called phenotype plasticity. Studies which analyses forest species seedling responses to environmental stress are very important, since they allow de understanding of development process of these species under different abiotic conditions, which can influence the production and future generations. Seedlings were grown from two different seed populations: one from the “Restinga” (R) habitat and the other from wet forest (FP) habitat. They were submitted to water stress for a 4 months period, and their development was recorded. The results showed that the stress affected seedling development from the two populations origin. However, seedlings from FP population showed a higher development in relation to those from R population, mainly in the most stressing treatments. The results from the analysis of pigments and photosynthesis efficiency indicated that the most stressing treatments caused an alteration in pigment content, probably to keep photosynthesis constant. It suggests a natural plant defense mechanism, especially in seedlings from seeds of population FP.

Keywords: growing, pigments, fluorescence.

1. INTRODUÇÃO

A aroeira do campo (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma árvore ornamental e medicinal, de ampla distribuição pertencente à família Anacardiaceae. A espécie tem despertado grande interesse devido ao uso de suas sementes na culinária européia, sendo conhecida como pimenta-rosa.

A falta de conhecimento sobre a capacidade de recuperação que os ecossistemas florestais apresentam quando submetidos a perturbações diversas, tem sido uma das principais causas dos insucessos quando da tentativa do uso racional dos recursos florestais. Uma alternativa para acelerar o processo de recomposição dos fragmentos de Mata Atlântica é a introdução de mudas produzidas em viveiro. Porém informações precisas sobre procedimentos para produção de mudas de espécies arbóreo-arbustivas no Brasil são muito escassas, existindo apenas para aquelas que detêm maior interesse econômico. Os viveiristas tradicionais estão mais voltados à produção de um número reduzido de espécies, mais especificamente de *Pinus* e *Eucalyptus* (CARVALHO, 2000). Entretanto, observa-se na literatura (ENGEL e POGIANI, 1991; SILVA et al, 1997) uma crescente preocupação com propagação de espécies nativas no Brasil e em outros países (TIEU-ANLE et al., 1999; LOVEYS e JUSAITIS, 1994).

A seca tanto pode ocasionar enfraquecimento das funções vitais, como pode estimular reações adaptativas que capacitam as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de déficit hídrico (PEREZ, 1995).

O padrão de crescimento é programado pela constituição genética da espécie, e a expressão eventual deste é freqüentemente modificada pelas condições do ambiente no qual as plantas se desenvolvem. De acordo com LARCHER (2000), a taxa de crescimento aumenta com o maior ganho de CO₂ e, portanto, está correlacionada à fotossíntese. Este processo é importante no desenvolvimento das plantas, pois é responsável pela captura da energia solar e sua subsequente

transformação bioquímica em compostos orgânicos. A utilização dos compostos resultantes da fotossíntese pelas células é fundamental, além de outras funções, para a montagem estrutural da parede celular e para os rearranjos necessários ao seu alongamento.

A medida da fluorescência da clorofila *a* é um método bastante utilizado atualmente por não ser destrutivo e muito sensível para estimar a eficiência do funcionamento do fotossistema II (FSII) (KRAUSE e WEISS, 1991). Pode ser utilizado para determinar os efeitos de diversos estresses bióticos e abióticos no funcionamento do aparelho fotossintético (SMILLIE e HETHERINGTON, 1990). Vale ressaltar que a fotossíntese é um bom indicador de adaptação das plantas ao ambiente em que vivem.

A aroeira do campo (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma árvore ornamental e medicinal, pertencente à família Anacardiaceae. Suas flores são melíferas e sua madeira é moderadamente pesada, resistente e de grande durabilidade natural. Sua dispersão é ampla, ocorrendo desde a restinga até a floresta pluvial e semidecídua de altitude (LORENZI, 1998).

Considerando a importância econômica e ecológica da espécie, este estudo foi conduzido com o propósito de avaliar o crescimento inicial da aroeira do campo (*Schinus terebinthifolius* Raddi) submetida a diferentes níveis de estresse hídrico, utilizando plântulas provenientes de sementes de duas populações diferentes: floresta pluvial (FP) e restinga (R), tendo em vista as diferenças edafoclimáticas e geográficas destes ambientes durante a formação das sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material Vegetal e Condições de Cultivo

No presente estudo foram utilizadas plântulas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) germinadas de sementes provenientes de duas populações situadas em ambientes distintos. As coletas foram realizadas no período de abril a junho de 2002 nos seguintes ambientes: floresta Pluvial (FP) e restinga (R).

A coleta da população FP foi realizada em uma área de floresta ombrófila densa situada no Parque Estadual da Fonte Grande (20° 18'31" S, 40° 20'26" W), no município de Vitória, ES. A população R foi coletada em uma área de restinga no município de Anchieta (20° 48'21" S, 40° 38 '44" W), com altitude equivalente a 2 metros, adjacente à Mineradora Samarco.

2.2- Experimentos:

As sementes utilizadas para o tratamento de estresse hídrico foram colocadas para germinar em vasos plásticos com capacidade para 8 litros contendo uma mistura de solo argiloso, solo arenoso e esterco de curral, na proporção 4:1, usual na produção de mudas.

Foram semeados 32 vasos (sendo 16 vasos com sementes da população R e 16 com sementes da população FP), que permaneceram em Casa de Vegetação, localizada na Universidade Federal do Espírito Santo durante todo o período experimental. Dentro da casa de vegetação as plântulas estavam expostas à um fluxo de fótons fotossinteticamente ativos equivalente a $237,3 \mu \text{ mol fóton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Cada tratamento constou de quatro repetições ($n=4$) para cada população. Foram realizadas coletas mensais por um período de quatro meses. As plantas foram utilizadas para obtenção das medidas de crescimento (item 2.4), teores de pigmentos (item 2.3.2) e eficiência fotossintética (item 2.3.1).

Em função do lento crescimento inicial das plântulas, os tratamentos a seguir tiveram início em 60 dias após a semeadura (DAS).

2.2.1- Efeitos do Estresse Hídrico

Para este ensaio foram aplicados os seguintes tratamentos:

Controle: regas diárias;

Tratamento 1: regas a cada 3 dias;

Tratamento 2: regas a cada 5 dias e,

Tratamento 3: regas a cada 7 dias.

Durante as regas, cada vaso recebia aproximadamente 200 ml de água corrente.

2.3. PARÂMETROS ANALISADOS

2.3.1- Medidas Fotossintéticas

A cinética de emissão da fluorescência rápida da clorofila *a* foi avaliada no segundo par de folhas completamente expandidas, *in locu* entre 7:00 e 8:00 horas da manhã, com um fluorômetro portátil *Handy-PEA* (PEA-Plant Efficiency Analyser, Hansatech, King's Lynn, Norfolk, UK) que determina as características de fluorescência rápida [fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m)]. Considerando que os estresses normalmente não afetam rapidamente o aparato fotossintético, foram realizadas medidas mensais, sendo que antes das medições as folhas eram submetidas a um período de 30 minutos de adaptação ao escuro

(procedimento realizado com cliques específicos). Cada disco foliar foi exposto a uma densidade de fluxo de fótons de $650 \mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$, por 5 segundos, valor obtido após ter sido feita uma curva de saturação.

2.3.2 Pigmentos fotossintéticos

As mesmas folhas utilizadas para avaliar a eficiência fotossintética eram coletadas para análise quantitativa de pigmentos. O teor de clorofila total, clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides foi determinado após extração com acetona 80% segundo a metodologia descrita por ARNON (1949). A concentração da clorofila *a*, *b* e clorofila total foi estimada usando-se a equação deduzida por GRAAN & ORT (1984):

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{mol}): (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times 1,119$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{mol}): (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times 1,102$$

$$\text{Clorofila total (mg/L): } 8,02 \times A_{663} + 20,2 \times A_{645}$$

Os carotenóides foram avaliados no mesmo extrato, seguindo-se o mesmo procedimento; suas concentrações foram estimadas utilizando-se a equação proposta por KIRK e ALLEN (1965), considerando as suposições e as aproximações propostas por HENDRY E PRICE (1993):

$$\text{Carotenóides (mmol/gMF): } \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times \text{Volume (ml)}}{112,5 \times \text{Massa Fresca da folha (g)}}$$

onde Volume = volume do extrato em mililitro

2.3.3- Medidas de Crescimento

Com o objetivo de avaliar o padrão de desenvolvimento das plantas submetidas ao estresse hídrico e salino, foram realizadas medidas mensais de altura da parte aérea da planta (até o meristema apical) utilizando uma trena, o diâmetro do caule (ao nível do solo) utilizando-se um paquímetro manual e contagem do número de folhas.

Os valores obtidos de cada indivíduo nas coletas de dados para os parâmetros altura, diâmetro do caule e número de folhas foram utilizados na determinação das curvas de crescimento de cada lote (DEL AMO e GOMEZ-POMPA, 1976 *apud* GUARDIA, 1996).

2.3.4- Determinação da Massa Fresca e Massa Seca

Para complementação do estudo do desenvolvimento inicial das plantas, ao final de quatro meses, foram feitas medidas de peso fresco e peso seco das plantas crescidas em todos os tratamentos (Controle, T₁, T₂ e T₃).

2.3.5- Determinação da área foliar

Ao final dos quatro meses de experimento foram realizadas medidas da área foliar das plantas submetidas aos tratamentos controle (regas diárias) e tratamento 3 (regas semanais).

Método para cálculo da área foliar:

A área foi calculada sobrepondo as folhas da aroeira em papel milimetrado, que eram desenhadas e somadas (GOMIDE et al, 1977 e FERREIRA et al, 2002).

2.4 Análise Estatística

Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA). Para valores de F significativos foi feita uma comparação de médias utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fluorescência da clorofila *a* e Teor de pigmentos fotossintetizantes

A fotossíntese é fundamental para a produtividade das plantas, entretanto, diversos outros fatores modificam a magnitude da produtividade no campo, ocasionando variações na produtividade. O conhecimento do processo fotossintético é necessário para tirar benefícios da fotossíntese, e de todo seu potencial, que pode ser explorado (ROMANO, 2001).

A fluorescência inicial é obtida quando os centros de reação do FSII encontram-se em estado “aberto”, o que significa dizer, em outras palavras, que o acceptor primário (Quinona A) está completamente oxidado (BAKER e ROSENQVIST, 2004) e as membranas fotossintéticas estão desenergizadas (XU e HONG, 1999). A Figura 1 mostra este parâmetro nas plantas submetidas a estresse hídrico. As plântulas dos tratamentos 3 e 4 submetidas a estresse hídrico, apresentaram diferença estatística na fluorescência inicial (F_0) durante o quarto mês de experimento para ambas as populações. Um aumento nos valores de F_0 pode ser interpretado como uma redução na quantidade de energia capturada pelo centro de reação do FSII, provocado pela inativação do complexo de captura da luz, ou pela desnaturação da proteína D_1 , que tem como consequência um prejuízo na assimilação de energia luminosa (HONG e XU, 1997). XU e HONG (1999) obtiveram evidências bioquímicas de que o aumento nos valores de F_0 ocorreu principalmente devido a uma inativação reversível dos centros de reação do FSII, causada pela luz.

Esses dados indicam que o estresse simulado poderia estar causando um aumento da fluorescência inicial e conseqüentemente a perda de energia quântica capturada pelo centro de reação do FS II.

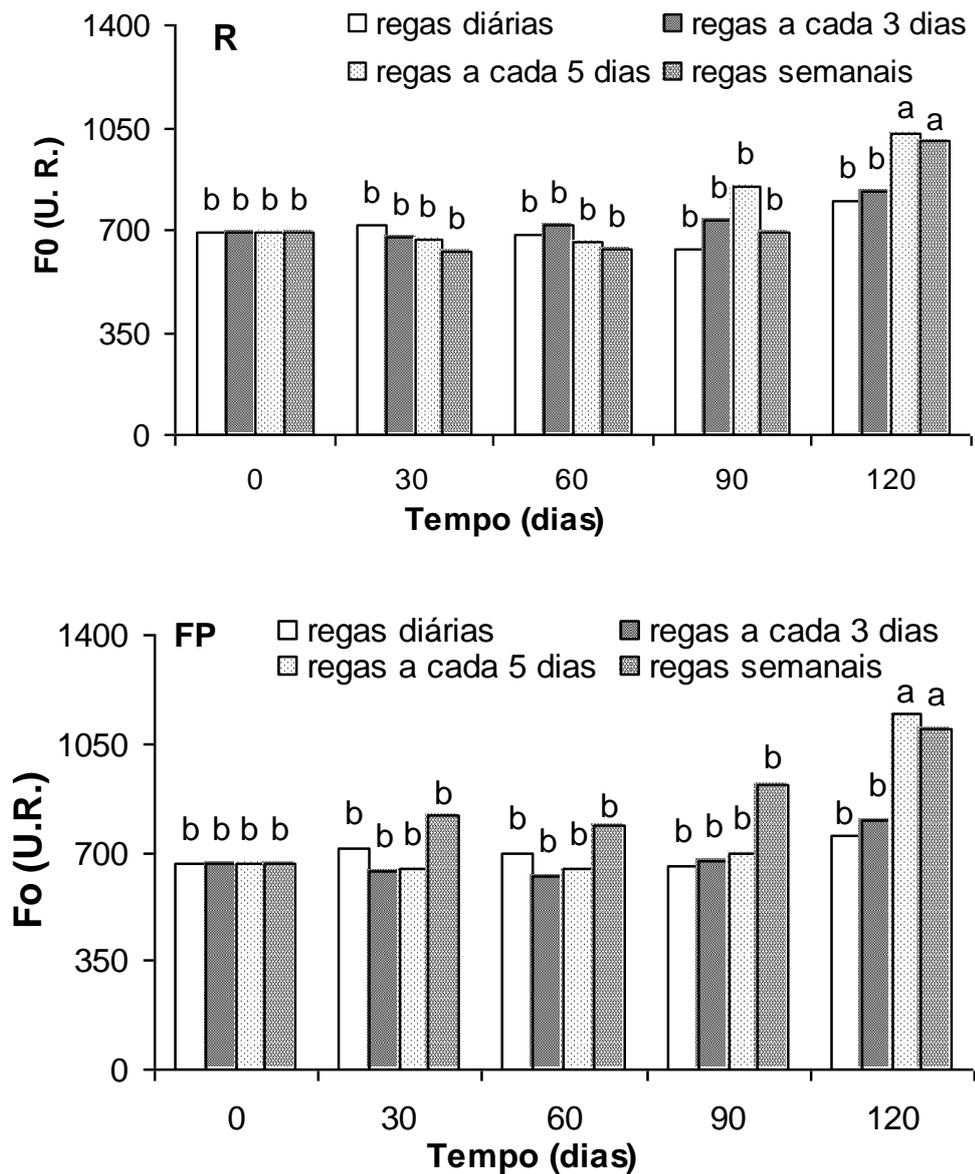


Figura 1: Fluorescência inicial (F_0) de folhas das plântulas provenientes das populações R e FP ($n=4$), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico a saber: C (Controle - regas diárias), T_1 (regas a cada 3 dias), T_2 (regas a cada 5 dias) e T_3 (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

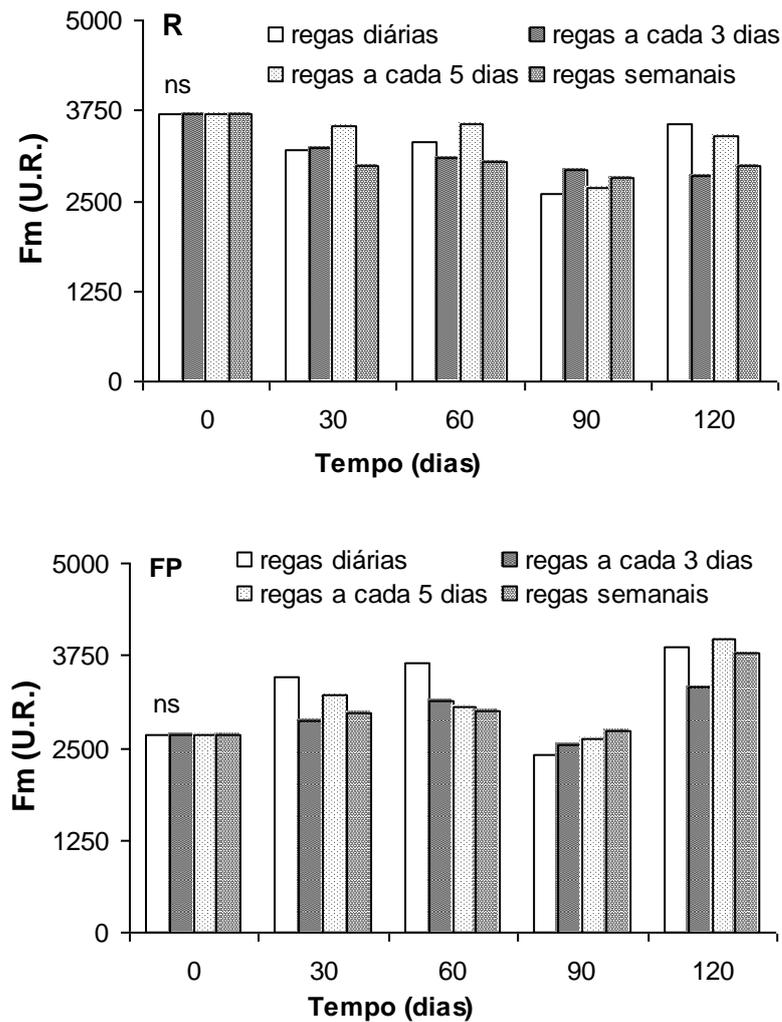


Figura 2: Fluorescência máxima (F_m) de folhas das plântulas provenientes das populações R e FP (n=4), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias), ns = indica dados não significativos estatisticamente.

Uma vez que a fluorescência máxima corresponde ao nível de fluorescência obtida quando os centros de reação do FSII estão em estado “fechado” (BAKER e ROSENQVIST, 2004), ou seja, hábeis em permitir a passagem de apenas uma porção dos elétrons excitados pela luz (BRON et al, 2004), redução nos valores da fluorescência máxima podem estar indicando proteção do aparato fotossintético contra o excesso de energia de excitação através do fechamento dos centros de reação do FSII (POSPISIL, 1997; CAMPBELL et al, 2003).

O excesso de energia de excitação estaria sendo liberado na forma de calor pelo sistema antena do FSII, processo conhecido como “*quenching não-fotoquímico*” (GONÇALVES et al, 2001; BRON et al, 2004; BAKER e ROSENQVIST, 2004).

Segundo KRAUSE e WEIS (1989), o quenching não-fotoquímico constitui o principal componente gerador do declínio da fluorescência.

Para os valores da fluorescência máxima (F_m), verificou-se que não houve diferenças significativas entre os valores de F_m nas plantas provenientes das populações R e FP submetidas ao estresse hídrico (Figura 3). As plantas da população FP comparadas à população R, apresentaram inicialmente valores baixos de F_m . De acordo com GUY et al. (1997), decréscimos nos valores de F_m também podem evidenciar algum distúrbio provocado por fatores estressantes, indicando uma maior sensibilidade das plantas. Estes valores tenderam a aumentar, decrescendo no terceiro mês para a população FP. Devido a este fato, não se pode atribuir o decréscimo de F_m diretamente ao estresse hídrico.

Os valores da razão F_v/F_m expressam a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII (BACARIN e MOSQUIM, 2002) ou, em outras palavras, indicam a eficiência fisiológica da maquinaria fotossintética (GONÇAVES et al, 2001) e a atividade dos cloroplastos (BACARIN e MOSQUIM, 2002; SAYED, 2003; BRON et al, 2004), sendo usados como um indicador muito sensível do desempenho fotossintético (SHIRKE e PATHRE, 2003).

Na maioria das plantas, a fotoinibição é verificada através da redução na eficiência fotoquímica, estimada pela redução dos valores de F_v/F_m (KRAUSE e WEISS, 1991 ; STRASSER et al., 1995). Muitos estresses ambientais são reconhecidamente responsáveis por ocasionar um decréscimo na eficiência de conversão da luz, pelo menos temporariamente. Em particular, danos do mecanismo fotossintético por fotoinibição causados por estresses, como o hídrico por exemplo, podem ser significativos (HALL e LONG, 1993). A redução do fluxo de elétrons através do FSII, observada através do aumento de F_0 nos tratamentos mais severos do estresse hídrico, teve como consequência uma queda no rendimento quântico do FSII, sinalizado pela resposta na razão F_v/F_m (Figura 3).

Em situações “normais” a relação F_v/F_m para a maioria das espécies tem um valor aproximado de $0,832 \pm 0,004$. MOHAMMED et al. (1995) ressaltam que valores de F_v/F_m inferiores a 0,750 indicam um comprometimento da eficiência na utilização da energia luminosa pelo FSII. Visto que os valores apresentados na maioria dos trabalhos são de espécies cultivadas e/ou provenientes de florestas temperadas (BILGER et al., 1984; DUCRUET e LEMOINE, 1985; BUKNHOV et al., 1990;

MOHAMMED et al., 1995; RICHARDSON et al., 2000 e 2001), torna-se necessária a coleta de maior número de dados da eficiência fotossintética de espécies nativas das regiões tropicais.

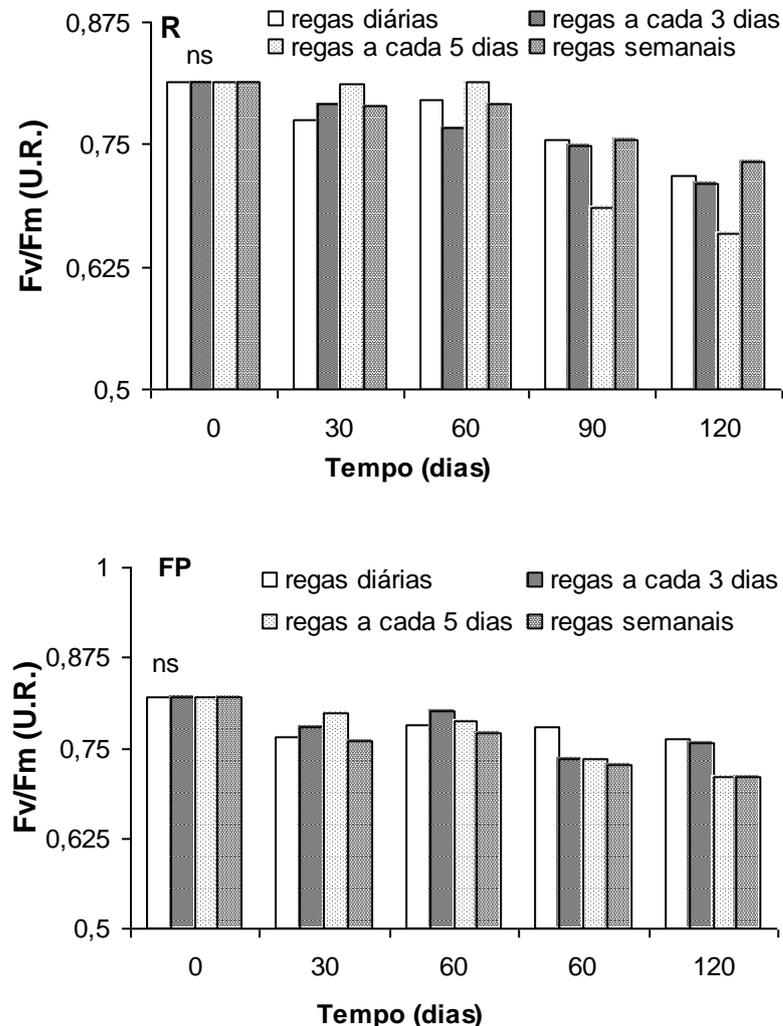


Figura 3: Eficiência fotossintética (F_v/F_m) de folhas das plântulas provenientes das populações R e FP ($n=4$), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T_1 (regas a cada 3 dias), T_2 (regas a cada 5 dias) e T_3 (regas a cada 7 dias), ns = indica dados não significativos estatisticamente.

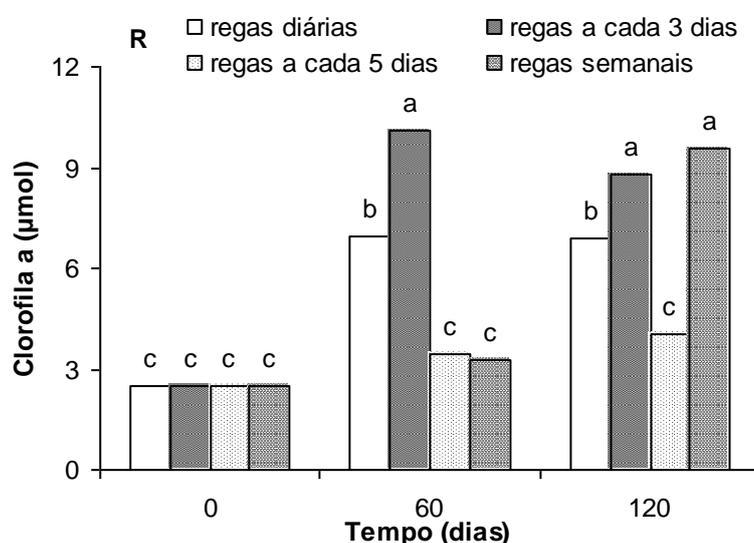
JOSHI (1995) observou em algumas espécies de plantas tropicais que, durante o verão ocorria uma significativa redução na eficiência fotossintética do FSII em folhas expostas ao sol nos períodos de máxima irradiância. Em campo, a deficiência hídrica encontra-se associada a outras condições adversas do ambiente, como temperatura e radiação. Nesses casos os danos à eficiência fotoquímica do FS II podem ser mais bem evidenciados (CHAVES, 1991; VALLADARES e PEARCY, 1997).

Os resultados obtidos neste trabalho, com plântulas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sugerem que o declínio de F_v/F_m pode ter ocorrido em função de uma fotoinibição ocasionada pelo aumento da luminosidade, visto que o excesso de luz leva a uma super excitação dos centros de reação do FS II (BJÖRKMAN e DEMMIG-ADAMS, 1995). As plântulas se desenvolveram em Casa de Vegetação, entretanto estavam expostas à radiação que entrava lateralmente devido à ausência de sombrite nessa área, deixando as plantas expostas à radiação solar direta.

Uma vez que as clorofilas e pigmentos carotenóides são requeridos para a absorção de energia radiante utilizada na fotossíntese, diferenças nos teores desses pigmentos são também sintomas comuns de estresse ambiental (PESSARAKLI, 1997).

A diminuição no teor de clorofila *a* é considerado um sintoma clássico de estresse (MUNNÉ-BOSCH et al, 2001), entretanto os resultados encontrados mostram que as plântulas de aroeira submetidas a estresse hídrico apresentaram níveis crescentes deste pigmento.

Os teores de clorofila *a* apresentaram diferença significativa nas plantas da população R submetidas ao tratamento mais severo (T_3) do estresse hídrico. Resultados semelhantes foram encontrados na população FP (Figura 4). Esta inicialmente apresentou teores de clorofila *a* superiores ao dobro dos teores obtidos na população R. Após 60 dias de tratamento, esses valores apresentaram decréscimos estatisticamente significativos, exceto nas plântulas submetidas ao estresse mais severo (tratamento 3).



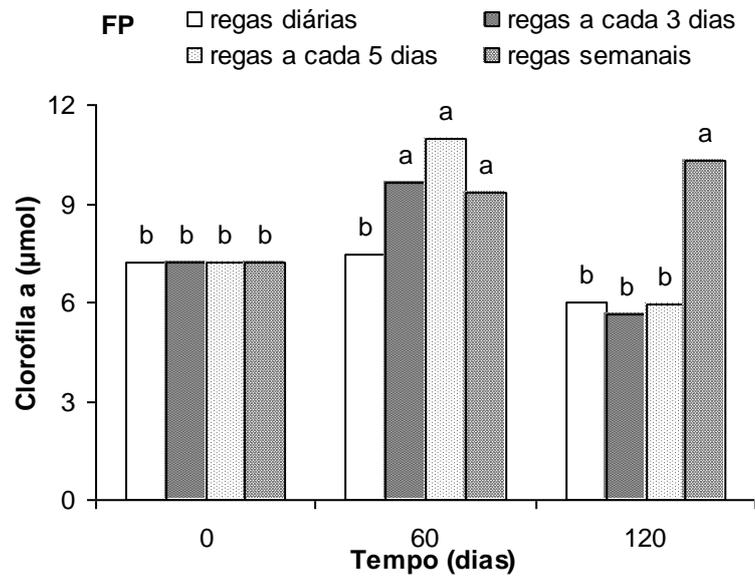


Figura 4 : Conteúdo de Clorofila *a* (μmol) de discos foliares das plântulas provenientes das populações R e FP ($n=4$), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T_1 (regas a cada 3 dias), T_2 (regas a cada 5 dias) e T_3 (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A clorofila *b* tem papel importante na proteção do aparelho fotossintético, principalmente no fotossistema II (FSII), onde ela é encontrada em maior proporção (HUDÁK, 1997). Os resultados obtidos neste trabalho (Figura 5) sugerem uma ação fotoprotetora desse grupo de pigmentos, que se mostrou superior nos tratamentos mais severos, visto que o aumento de clorofila *b* nesses tratamentos pode estar relacionado ao fato da eficiência fotossintética não ter sido comprometida nessas plantas.

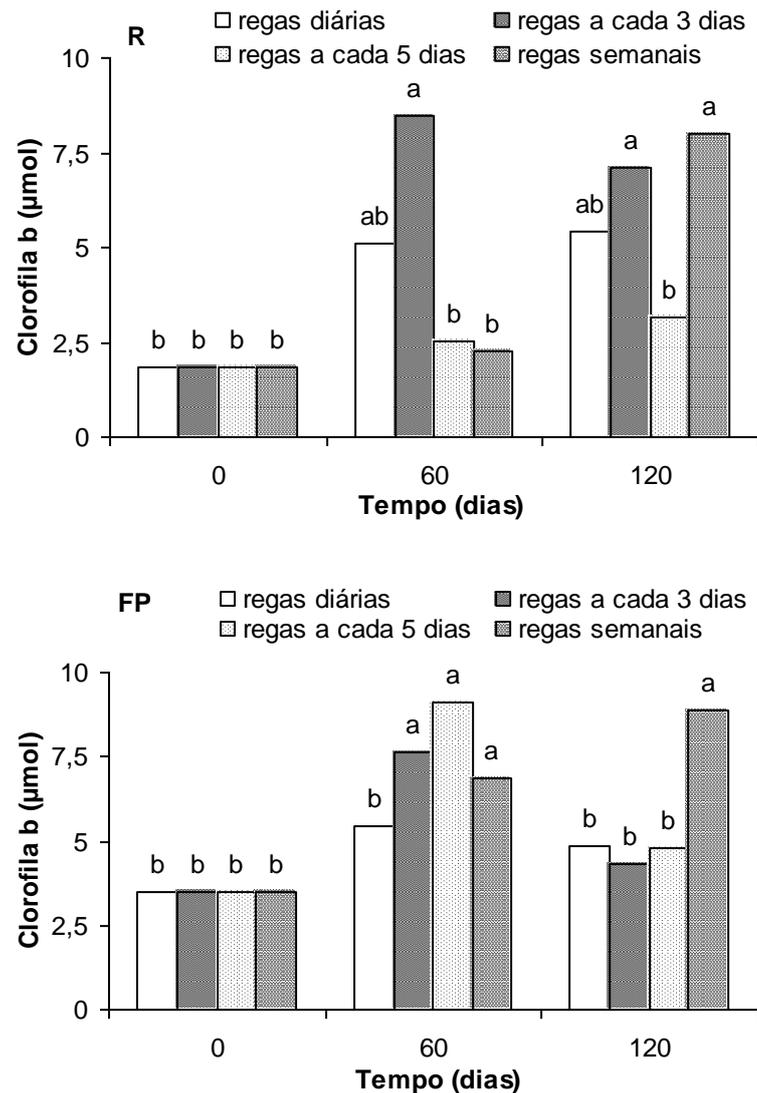
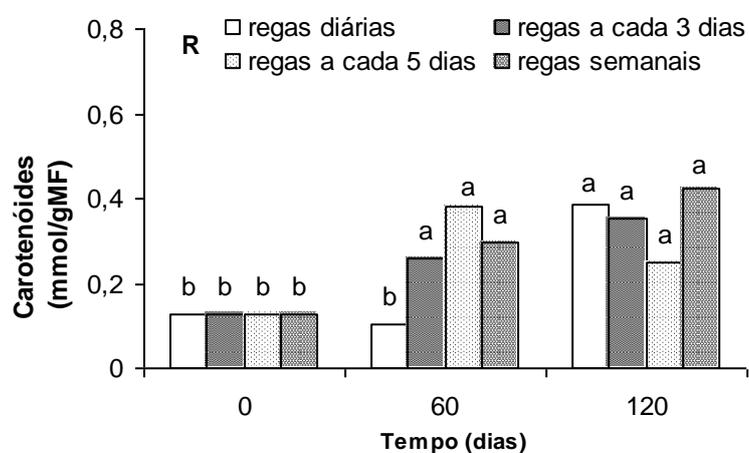


Figura 5: Conteúdo de Clorofila *b* (μmol) de discos foliares das plântulas provenientes das populações R e FP ($n=4$), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A síntese de pigmentos (especialmente do grupo dos carotenóides) pode atuar como um mecanismo de proteção (SCHINDLER e LICHTENTHANLER, 1994; THIELE e KRAUSE, 1994; YOUNG et al., 1997), possivelmente contra a formação de radicais livres (YOUNG, 1991), inibindo a peroxidação de lipídeos constituintes da membrana tilacoidal (SARRY et al., 1994). Esta proteção contra o “ataque” à integridade da membrana do cloroplasto é muito importante para a manutenção da atividade fotossintética (OQUIST, 1983; DWIVEDI et al., 1995). A redução no teor desses pigmentos pode causar danos na atividade fotoquímica da fotossíntese.

Quando o estabelecimento do estresse hídrico é rápido ou a planta já tenha ampla área foliar antes do início do estresse, elas tendem a fechar os estômatos, reduzindo, assim, a transpiração e afetando a condutância estomática e a atividade fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 2002). Entretanto, as plantas respondem de forma diferenciada ao estresse hídrico.

De acordo com a Figura 6, os teores de carotenóides tenderam a aumentar nas plântulas do lote R submetidas ao estresse hídrico, no entanto não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. No lote FP esses valores ascenderam com 60 dias de experimento nas plantas do tratamento 3, apresentando diferenças estatisticamente significativas, retornando aos valores anteriores nos meses subseqüentes e igualando-se aos demais tratamentos. O déficit hídrico ocasiona a redução dos teores de carotenóides, expondo as folhas à fotooxidação e um aumento de necrose nos tecidos, com subseqüente abscisão foliar (URBEN e SOUZA, 1993). O aumento nos teores de carotenóides pode ser interpretado como uma proteção desenvolvida nas plantas da população FP.



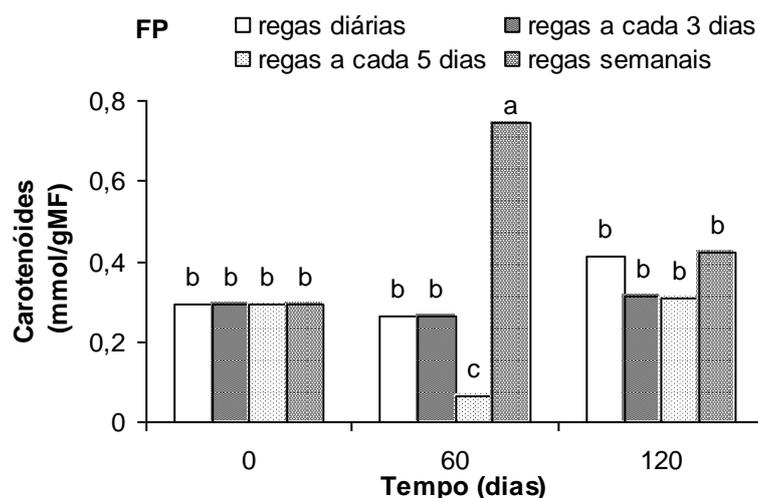


Figura 6: Conteúdo de Carotenóides (mmol/gMF) de discos foliares das plântulas provenientes das populações R e FP (n=4), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.2 Análise do crescimento

A produtividade das plantas é determinada pela luz interceptada e pela conversão eficiente desta luz em produtos fotossintéticos. A eficiência de conversão, que pode levar a um aumento de biomassa e produção de grãos, é determinada por uma malha de processos fisiológicos e bioquímicos complexos, incluindo a fotossíntese. O aumento na produção de sementes, é resultado da maior partição de matéria seca para grãos, enquanto a produção de matéria seca tem permanecido mais ou menos constante (LARCHER, 2000).

Diferenças nas características de crescimento podem ser geradas não somente por divergências genéticas entre as plantas, mas também por plasticidade fenotípica. Os lotes apresentaram diferentes respostas plásticas, diferindo em sua habilidade de responder às influências ambientais (CARDOSO e LOMÔNACO, 2003).

Nos gráficos a seguir (Figura 7), verifica-se que as populações R e FP submetidas ao estresse hídrico apresentaram comportamento semelhante.

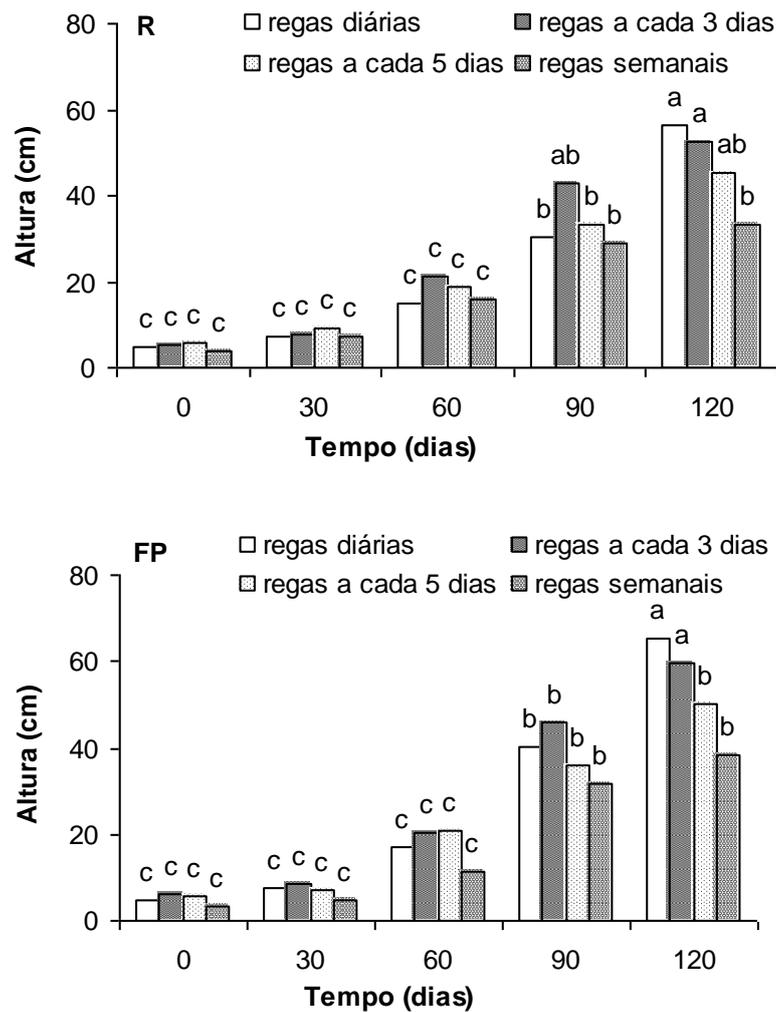


Figura 7: Crescimento em altura das plântulas provenientes das populações R e FP (n=4), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos Controle (regas diárias) e T₁ (regas a cada 3 dias) e nem entre os Tratamentos 2 e 3. Porém a análise estatística mostrou diferenças significativas entre os pares de tratamentos (Controle e Tratamento 1 x Tratamento 2 e Tratamento 3), indicando que a espécie tem seu crescimento prejudicado quando submetida a estresses mais severos.

As fotos das plantas das populações em estudo (Figuras 8 e 9), comprovam os resultados mostrados nos gráficos.



Figura 8: Aspectos das plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* (Raddi) provenientes da população R após quatro meses de tratamento de estresse hídrico em casa de vegetação. Da esquerda para a direita Controle, T₁, T₂ e T₃. Escala equivalente a 30cm.



Figura 9: Aspectos das plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* (Raddi) provenientes da população FP após quatro meses de tratamento de estresse hídrico em casa de vegetação. Da esquerda para a direita Controle, T₁, T₂ e T₃. Escala equivalente a 30cm.

A análise do diâmetro do caule (Figura 10) nos tratamentos de estresse hídrico mostrou padrões de crescimento semelhantes para ambas as populações

estudadas, onde ao final do experimento, o tratamento 3, com regas semanais apresentou crescimento inferior aos demais tratamentos, os quais se mostraram estatisticamente iguais.

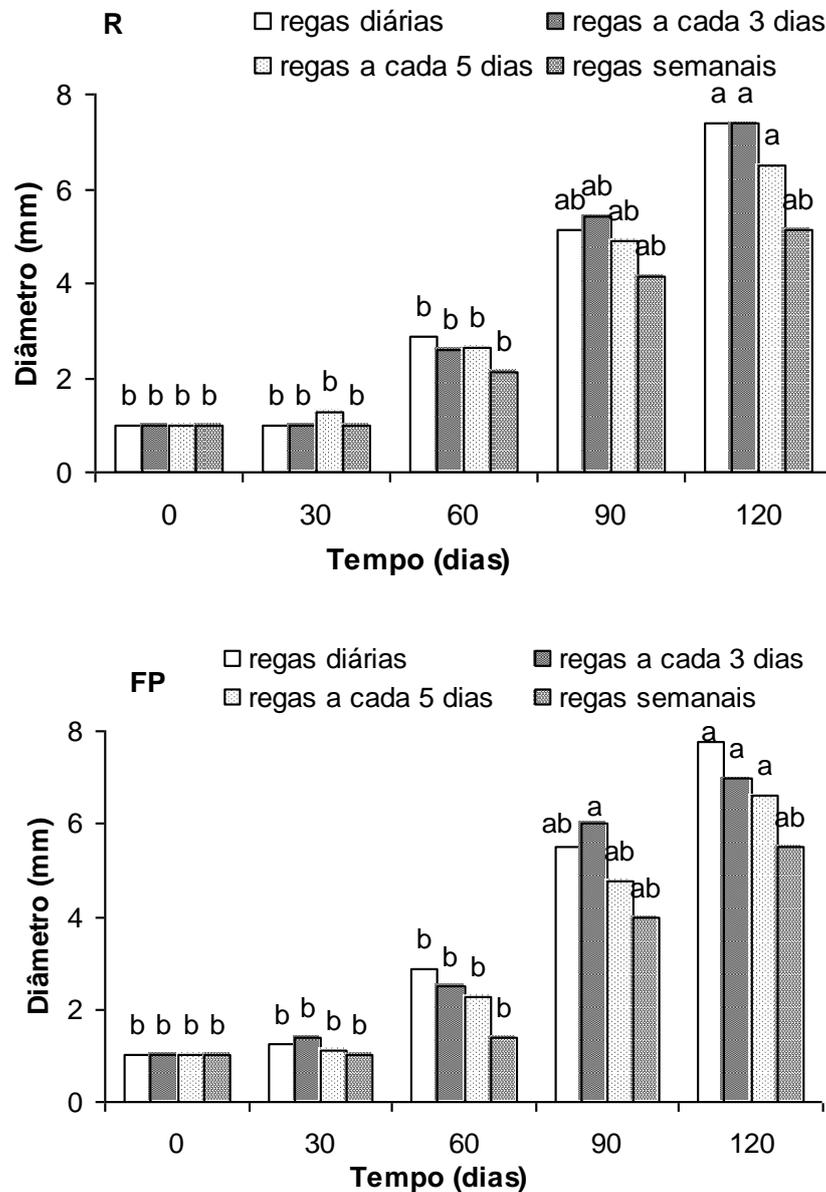


Figura 10: Crescimento em diâmetro (mm) das plântulas provenientes das populações R e FP (n=4), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A contagem do número de folhas das plântulas mostrou que este foi o parâmetro de crescimento mais afetado pelo estresse hídrico. Quanto maior o

estresse, maior o efeito sobre o número de folhas por plântula, conforme se verificou na análise estatística, observável na Figura 11.

Segundo SANTOS e GHEYI (1994) a deficiência hídrica provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, a ponto de desbalancear a absorção de água e a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas, a redução do tamanho das folhas é a mais expressiva.

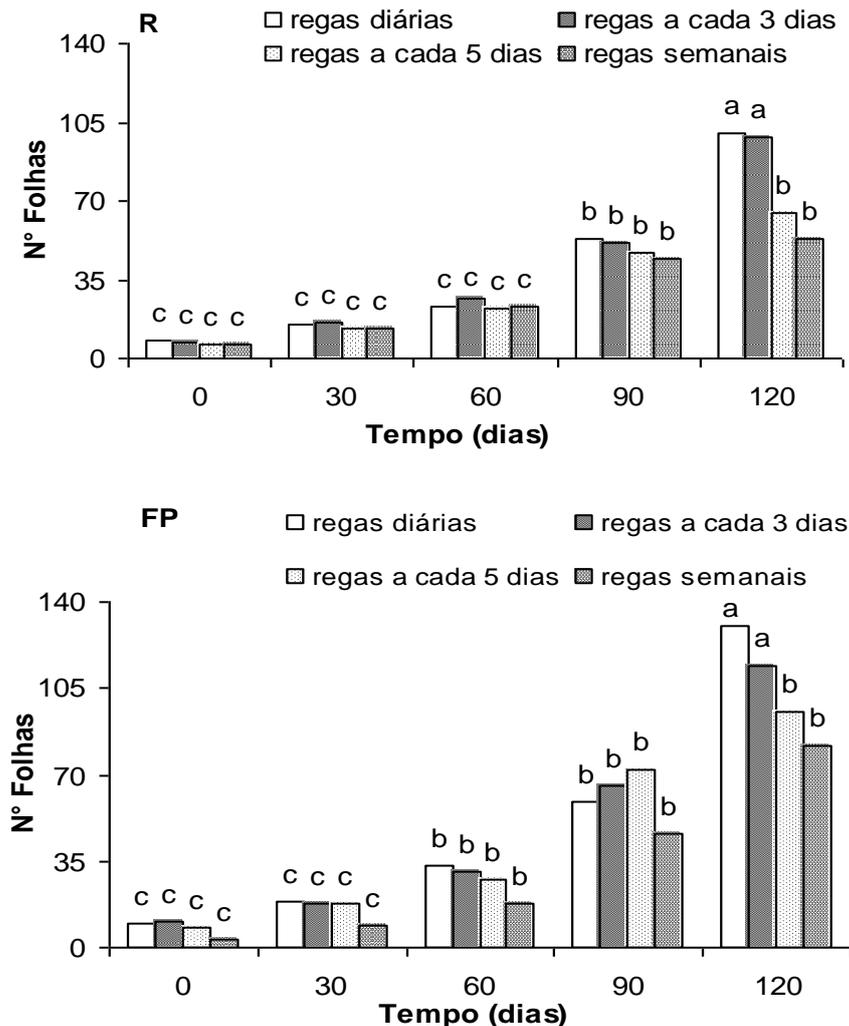


Figura 11: Contagem mensal do número de folhas das plântulas provenientes das populações R e FP (n=4), submetidas aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo PIMENTEL (1998) o estresse hídrico acarreta a uma paralisação do crescimento vegetal, pois este estresse causa queda no potencial hídrico do solo, diminuindo o crescimento da planta. Os resultados do presente trabalho concordam com o referido autor. No entanto a análise dos parâmetros de crescimento revelou

valores referentes à população FP superiores aos obtidos com a população R. Tais resultados permitem inferir que aquela apresentou maior resistência às condições ambientais adversas, que pode ser entendida como maior adaptabilidade.

3.3 Massa Fresca e Massa Seca

A redução da matéria seca implica em um menor armazenamento de carboidratos no caule e folhas, o qual pode ser remobilizado durante a fase de enchimento dos grãos. Este depende do carboidrato fotossintetizado durante a fase vegetativa e da sua remobilização. Se a fotossíntese é limitada pelo estresse, torna-se maior a quantidade absoluta e a relativa translocada a partir da haste e dos ramos para o enchimento dos grãos. Tal característica apresenta considerável variabilidade genética (CARDOSO e LOMÔNACO, 2003).

Existem registros de grande variabilidade de comportamento entre as culturas com relação aos limites de tolerância ao estresse hídrico. Genótipos de uma mesma espécie podem responder diferencialmente ao estresse e o nível de tolerância também pode variar nas distintas fases do seu desenvolvimento (MAAS e GRATTAN, 1999). A adaptação das plantas a um ambiente desfavorável é um forte requisito para sua sobrevivência. HOWARTH e SKOT (1994) e TROTEL et al. (2000) relatam que o acúmulo de solutos é uma resposta do organismo frente ao estresse ambiental, servindo inicialmente como regulador osmótico e protetor celular de membranas e enzimas, e posteriormente de reservas de esqueletos carbônicos e de depósitos de grupamentos amina para a retomada da síntese e crescimento, uma vez passado o estresse (AL-KARAKI et al., 1997).

Na Figura 12 observa-se a massa fresca e massa seca das populações FP e R submetidos ao estresse hídrico. No tratamento 3 (estresse mais severo) verificou-se uma grande redução no crescimento, especialmente nas plantas da população R. Este tratamento revelou diferenças estatísticas significativas em relação aos outros. Para a massa seca não houve diferença estatística entre os tratamentos.

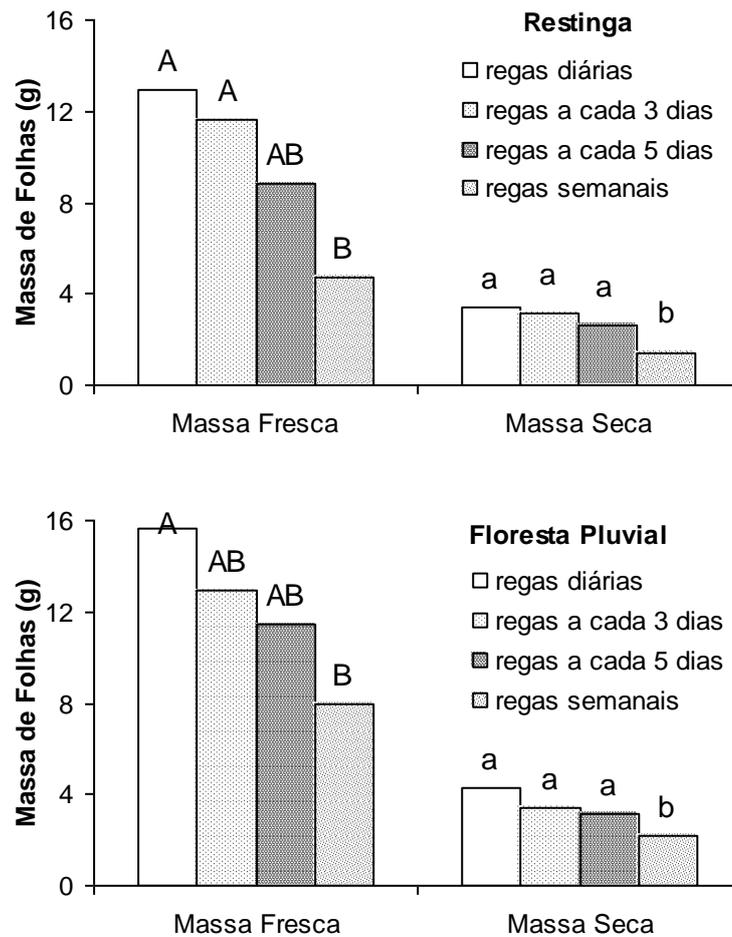


Figura 12: Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) das folhas (g) provenientes das populações R e FP (n=4) após quatro meses submetidos aos tratamentos de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Figura 13 mostra o acúmulo de biomassa no caule. Verificou-se, para as plântulas de FP e R, um maior acúmulo de biomassa nos tratamentos de estresse hídrico mais severo. Isto pode ser interpretado como um mecanismo de ajuste osmótico da planta para aumentar sua concentração interna, permitindo assim a absorção de água para a manutenção do metabolismo. Tais resultados podem estar indicando um provável ajuste osmótico realizado pelas plantas.

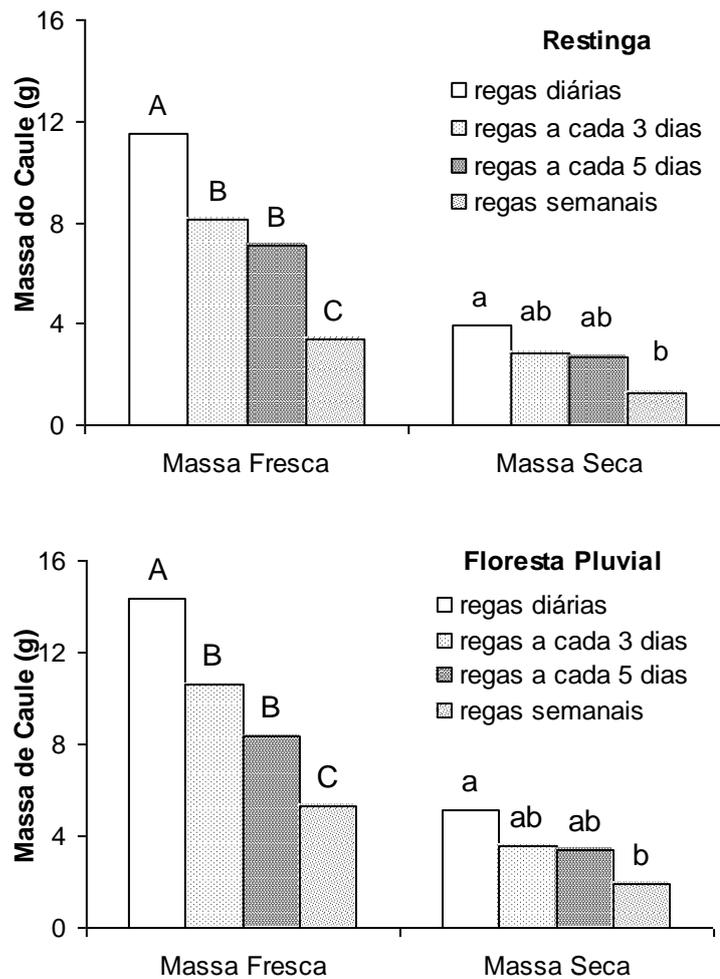


Figura 13: Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) dos caules (g) provenientes das populações R e FP (n=4) após quatro meses submetidos ao tratamento de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 14, ao analisar a biomassa acumulada pelas raízes, observa-se um acúmulo de massa seca ainda maior, tendo os tratamentos mais severos da população R acumulado 7% e a população FP valores superiores a 10%, quando comparados ao Controle e Tratamento1.

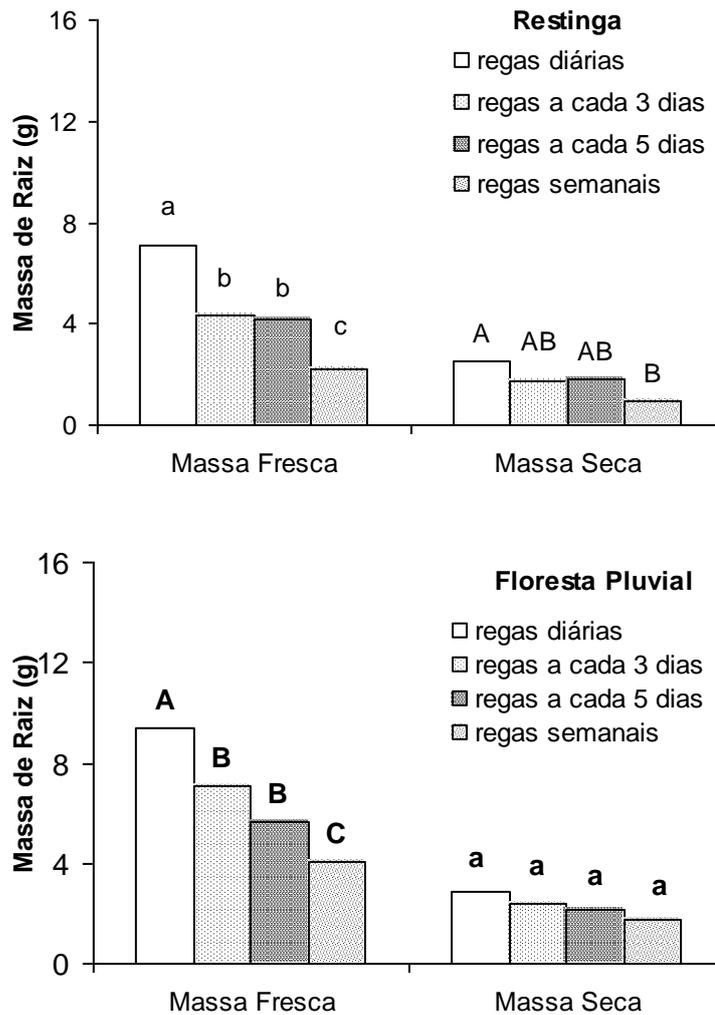


Figura 14: Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) das raízes (g) provenientes das populações R e FP (n=4) após quatro meses submetidos ao tratamento de estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias), T₁ (regas a cada 3 dias), T₂ (regas a cada 5 dias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos dados analisados anteriormente de folhas, caules e raízes, o acúmulo de massa seca foi sempre inferior a 50% da massa fresca, variando entre 30-45%. Estes resultados concordam com os encontrados por RODRIGUES et al. (2002) ao submeterem mudas de arroz à tratamentos osmóticos. Esse comportamento, da parte subterrânea em relação à parte aérea é caráter adaptativo comum às plantas submetidas a estresse hídrico, sendo vantajoso por permitir que as mesmas obtenham água mesmo depois da superfície do solo ter perdido a umidade durante a estação seca (LACHER, 2000).

3.4 Determinação da Área Foliar

Estresses abióticos tais como salinidade e seca estão entre os fatores que mais limitam a produtividade vegetal (MELONI et al., 2003). Os resultados obtidos com os dados de área foliar das plantas submetidas ao estresse hídrico são mostrados na Figura 15. Resultados semelhantes de área foliar foram encontrados por NOBREGA et al. (2001) ao comparar o desenvolvimento de plantas submetidas a estresse hídrico. CABRAL et al. (2004) comentam que um dos efeitos mais drásticos do estresse hídrico é a redução na área foliar, levando a um decréscimo da fotossíntese e, conseqüentemente, do crescimento.

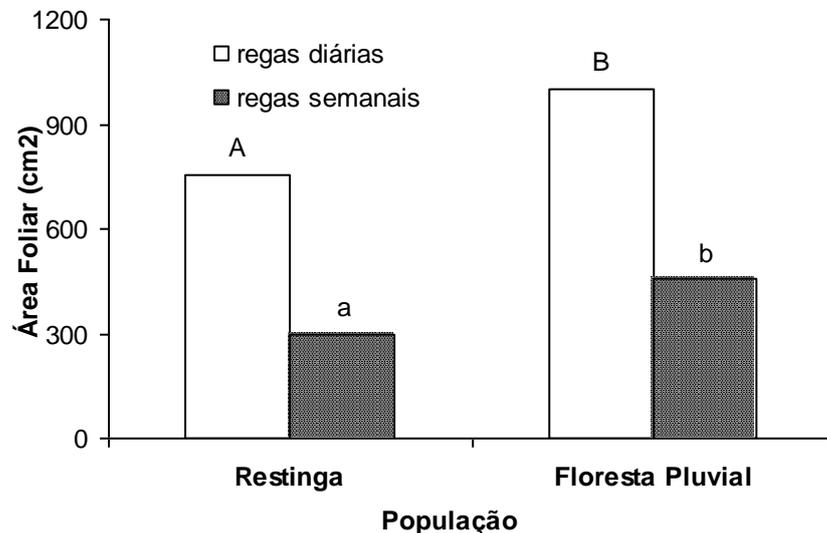


Figura 15: Área Foliar (cm²) obtida ao final do experimento dos tratamentos controle e T3 provenientes das populações R e FP (n=4) após quatro meses submetidas à estresse hídrico, a saber: Controle (regas diárias) e T₃ (regas a cada 7 dias). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com GUIMARÃES et al. (1996) a deficiência hídrica no solo ocasiona decréscimo no índice de área foliar e no rendimento de matéria seca. Para ARAÚJO (1997) e SOUZA (1995) a redução da área foliar decorre provavelmente, da diminuição do volume celular ; os autores afirmam ainda, que a redução da área foliar se reflete numa menor fotossíntese.

As mudanças periódicas observadas nas taxas de crescimento da espécie, quando cultivada sob condições naturais, são ainda pouco consistentes quando se considera a duração deste trabalho. Contudo, os resultados obtidos mostram

claramente que as variáveis ambientais têm grande influência no desenvolvimento da espécie, e que a procedência também exerce influência nesses parâmetros.

Os dados obtidos por GUIMARÃES et al. (1996) com plântulas de *Phaseolus vulgaris* confirmam a atuação da plasticidade fenotípica como mecanismo gerador de variabilidade fenotípica e apontam sua importância nos processos adaptativos e evolutivos envolvidos na formação de ecótipos, no qual um cultivar mais resistente apresenta maior manutenção foliar sob deficiência hídrica, que resulta em maior peso de matéria seca e produtividade.

Os resultados indicam que o estresse hídrico imposto permitiu que a redução da perda de água, pelo ajuste morfológico das folhas, ocorresse em toda a população. Isto resultou, naturalmente, em redução da área fotossinteticamente ativa e, por conseguinte, na produção de sementes e matéria seca da parte aérea.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ganho energético de produtividade tem sido alcançado por seleção de genótipos em que a maior proporção da produtividade é distribuída nos componentes de colheita, e não necessariamente pela seleção de plantas com a maior biomassa total. Uma importante área para aumentos futuros de produtividade é a seleção de genótipos que apresentem maior eficiência de conversão da energia fotossintética e menor sensibilidade aos estresses ambientais. Pesquisas recentes têm mostrado diferenças significativas entre genótipos de plantas, sugerindo um promissor potencial na seleção de genótipos com alta produtividade e máximo potencial de produção.

Para tal objetivo é de fundamental importância, estudos do comportamento ecofisiológico de espécies nativas que apresentam alto potencial econômico, como é o caso da espécie aqui estudada.

O conhecimento dos requerimentos básicos de crescimento e desenvolvimento de espécies potenciais, permite avaliar seu grau de plasticidade fenotípica através de estudos detalhados de crescimento e desenvolvimento frente à variações ambientais.

Sob este aspecto, o presente estudo se mostra importante, uma vez que muitas de nossas espécies nativas apresentam alto potencial econômico, mas pouco ou nada se sabe ainda a respeito de sua ecofisiologia.

5. LITERATURA CITADA

AL-KARAKI, G. N. Barley response to salt stress at varied levels of phosphorus. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 11, p. 1635-1643, 1997.

ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, p.1-15, 1949.

ARAUJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; DE ALMEIDA, D.L. Phosphorus efficiency of wild and cultivated genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under biological nitrogen fixation. **Soil Biology Biochemistry**, v.29, n°(5/6), p.951-957, 1997.

BACARIN, M.A.; MOSQUIM, P.R. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.26, n.4, p.705-710, 2002.

BILGER, H. W., SCHEREIBER, U., LANGE, O. L. Determination of leaf heat resistance: comparative investigation of chlorophyll fluorescence changes and tissue necrosis methods. **Oecologia**, v.63, p.256-262, 1984.

BJÖRKMAN, O. E.; DEMMIG-ADAMS, B. Regulation of Photoynthetic Light Energy Capture, Conversion and Dissipation in Leaves of Higher Plants. *In*: E-D Schulze, E-D., Caldwell, C. W. **Ecophysiology of Photosynthesis**. Springer-Verlag, Berlin, p.17-47, 1995.

BAKER, N.R. ; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BRON, I.U.; RIBEIRO, R.V.; AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; MACHADO, E.C. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of "Golden" papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.33, p.163-173, 2004.

BUKHOV, N.G., SABAT, S.C., MOHANTY, P. Analysis of chlorophyll a fluorescence changes in weak light in heat-treated *Amaranthus* chloroplasts. **Photosynth. Res.** 23:81-87, 1990.

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia áurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta botânica brasílica**, v.18, nº2, p. 241-251. 2004.

CAMPBELL, S.; MILLER, C.; STEVEN, A.; STEPHENS, A. Photosynthetic responses of two temperature seagrasses across a water quality gradient using chlorophyll fluorescence. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.291, p.57-78, 2003.

CARDOSO, G.L.; LOMÔNACO, C. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-verde. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, nº.1, p.131-140, 2003.

CARVALHO, J.E.U.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, p.588, 2000.

CARVALHO, P.E.R. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e implantação de povoamentos. In: **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa. Comunicação para Transferência de tecnologia; Colombo, PR. Embrapa Florestas, p.315, 2000.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.42, n.234, p.1-16, 1991.

DUCRUET, J. M.; LEMOINE, Y. Increased heat sensitivity of the photosynthetic apparatus in triazine-resistant biotypes from different plant species. **Plant Cell Physiology**, v. 26, p.419-429, 1985.

DWIVEDI, U., SHARMA, M., BHARDWAJ, R. Down regulation of photosynthesis in *Artabotrys hexapetatus* by high light. **Photosynthetica**, v.26, p.419-429, 1995.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu

espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de fisiologia vegetal**, v.3, n.1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, W. R.; RANAL, M. A.; FILGUEIRA, F. A. R. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve-da-Malásia. **Horticultura Brasileira**, vol.20 nº.4, 2002.

GOMIDE, M. B.; LEMOS, O. V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M. M. de; CARVALHO, J. G. de; DUARTE, G. de S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência e Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, mar. 1977.

GONÇALVES, J.F.; MARENCO, R.A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.149-157, 2001.

GRAAN, T.; ORT, D. R. Quantitation of the rapid electron donors to P700, the functional plastoquinone pool, and the ratio of the photosystems in spinach chloroplasts. **Journal of Biology and Chemistry**, v.259, p.14003-14010, 1984.

GUARDIA, M.C. **Aspectos autoecológicos de duas espécies pioneiras arbóreas e de uma espécie climácica, características de matas mesófilas semidecíduas**. Rio Claro: UNESP, Instituto de Biociências. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), p.178, 1996.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca II. Produtividade e componentes agronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.481-488, 1996.

GUY, S.; BERGER, M.; PLANCHON, C. Response to low temperature in dinitrogen fixing soybeans. **Plant Science**, v.123, p. 67-75, 1997.

HALL D.O, J.M.O. SCURLOCK, H.R BOLHAR-NORDERKAMPF, R.C. LEEGOOD, S.P LONG. **Photosynthesis and Production in a Changing Environment**. Chapman & Hall, London, 464p, 1993.

HENDRY, G.A.F., PRICE, A.H. **Stress indicators: chlorophylls and carotenoids**. In: Hendry GAF, Grime JP (eds), *Methods in Comparative Plant Ecology* Chapman & Hall, London, pp.148-152, 1993.

HONG, S-S. ; XU, D-Q. Difference in response of chlorophyll fluorescence parameters to strong light between wheat and soybean leaves. **Chinese Science Bull**, v. 42, n.8, p. 684–689,1997.

HOWARTH, C.J. e SKOT, K.P. Detailed characterization of heat shock protein synthesis and induced thermotolerance in seedlings of *Sorghum bicolor* L. **Journal of Experimental Botany**, 48, 1353-1363, 1994.

HUDÁK, J. Photosynthetic apparatus. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, p.27-48, 1997.

JOSHI, S.C. Species specific diurnal changes in chlorophyll fluorescence in tropical deciduous and evergreen plants growing in the field during summer. **Photosynthetica**, v.31, n.4, p.549-557, 1995.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. **The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence**. An introduction. Applications of chlorophyll fluorescence. Kluwer Academic Publishers, p.3-11, 1988.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. A influência do estágio de desenvolvimento e do nível da atividade vegetal sobre a respiração e fotossíntese. **Ecofisiologia Vegetal**, V.2, p.104-180, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, p.352, 1998.

LOVEYS, B.R.; JUSAITIS, M. Stimulation of germination of quandong (*Santalum acuminatum*) and other Australian native plant seeds. **Australian Journal of Botany**, v.42, .5, p.565-574, 1994.

MAAS, E.V.; GRATTAN, S.R. Crop yields as affected by salinity. In: Skaggs, R.W.; van Schilfgaarde, J. (eds) Agricultural drainage. Madison: ASA, CSSA, SSSA. **Agronomy Monograph**, v.38, p.55-108,1999.

MELONI, D.A.; OLIVA, M.A.; MARTINEZ, C.A.; CAMBRAIS, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.69-76, 2003.

MOHAMMED, G.H., BINDER, W.D., GILLIES, S.L. **Scandinavian Journal Forest Research**, v.10, p.383-410, 1995.

MUNNÉ-BOSCH, S.; SCHWARZ, K.; ALEGRE, L. Water deficit in combination with high solar radiation leads to midday depression of α -tocopherol in field-grown lavender (*Lavandula stoechas*) plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.315-321, 2001.

NOBREGA, J. Q. , RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M. ; FILHO, J. F. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

OQUIST, G. Effects of low temperature on photosynthesis. **Plant Cell Environment**, v.6, p.281-300, 1983.

PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n.5, p.595-604, 1995.

PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, p.1027, 1997.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na Agricultura Tropical**. Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1998.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, p.467, 1990.

POSPISIL, P. Mechanisms of non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching in higher plants. **Photosynthetica**, v.43, n.3, p.321-330, 2003.

RICHARDSON, A. D., ASHTON, P. M. S., BERLYN, G. P., MCGRODDY, M. E., CAMERON, I. R. Within-crown Foliar Plasticity of Western Hemlock *Tsuga heterophylla*, in relation to stand age. **Annals of Botany**, v.88, p. 1007-1015, 2001.

RICHARDSON, A. D., BERLYN, G. P., ASHTON, P. M. S., TADHANI, I. R., CAMERON, I. R. Foliar Plasticity of hibrid spruce in relation to crown position and stand age. **Canadian Journal of Botany**, v.78, p.305-307, 2000.

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R. ; VIANA, S. B. A. Germinação e formação de mudas de arroz irrigado sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.397-403, 2002.

ROMANO, M.R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene *Lhcb1*2* de ervilha**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 81p., 2001.

SANTOS, J. G. R; GHEYI, H. R. Efeito da salinidade da água na composição da folha da bananeira e nas características do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.2, 1994.

SARRY, J.E., MONTILLET, J. L., SAUVAIRE, Y., HAVAUX, M. The protective function of the xanthophyll cycle in photosynthesis. **FEBS Lett.** v.353, p.147-150, 1994.

SAYED, O.H. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. **Photosynthetica**, v.43, n.3, p.321-330, 2003.

SHIRKE, P.A.; PATHRE, U.V. Diurnal and seasonal changes in photosynthesis and photosystem 2 photochemical efficiency in *Prosopis juliflora* leaves subjected to natural environmental stress. **Photosynthetica**, v.41 (1), p.83-89, 2003.

SILVA, A. et al. Interação de luz e temperatura na germinação de sementes de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã). **Revista do Instituto florestal**, São Paulo, v.9, p.57-64, 1997.

SMILLIE, R. M.; HETHERINGTON, S. R. Screening for stress tolerance by chlorophyll fluorescence. In: OMASA, D. (ed.) **Measurement Techniques in Plant Science Academic Press**, New York. p. 229-261, 1990.

SOUSA, M.R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Eriparza) Submetido a Diferentes Níveis de Salinidade da Água de Irrigação**. Lavras: UFLA, 1995.

STRASSER, R. J. , SRIVASTAVA, A. Polyphasic chlorophyll a fluorescence transient in plants and cyanobacteria. **Photochemistry and Photobiology**, v.61, p.32-42, 1995.

TAIZ, L. ; ZEIGER, L. Plant Physiology, Sinauer Assoc., 2002.

TIEU-ANGLE; DIXON-KINGSLEY,A. ; SIVASTHAMPARAM, K.; PLUMMER-JULIE, A.; SIELER-INGRID, M. Germination of four species of native Western Australian plants using plant derived smoke. **Australian Journal of Botany**, v.47, n.2, p.207-219, 1999.

THIELE, A., KRAUSE, G.H. Xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in photosystem II: relationship between zeaxanthin formation, energy-dependent fluorescence quenching and photoinhibition. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.324-332, 1994.

TROTEL, P.A.; NIOGRET, M.F.; LARHER, F. Proline level is partly under the control of abscisic acid in canola leaf discs during recovery from hyper-osmotic stress. **Physiologia Plantarum**, v. 110 (3), n.376, 2000.

URBEN, F.G.; SOUZA, P.I.M. manejo da cultura de soja sob cerrado: época , densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N.E. e SOUZA, P.I.M. **Cultura de soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, São Paulo, p.267-295, 1993.