



CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS DE ESPÉCIES VEGETAIS DA RESTINGA DE GURIRI, SÃO MATEUS/ES

R. F. A. Martins (1)

F. C. Teotonio (1); L. C. Oliveira (1); D. M. Silva (2); A. R. Falqueto (1,2)

1 - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Departamento de Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias, Rodovia BR 101 Norte, Bairro Litorâneo, CEP 29932 - 540, São Mateus, ES. 2 - Programa de Pós - Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075 - 910, Vitória, ES. rodrigofantin@gmail.com, antelmofalqueto@ceunes.ufes.br

INTRODUÇÃO

As restingas são ambientes com condições limitantes para as espécies vegetais ali estabelecidas. O solo arenoso característico desse ecossistema possui baixa capacidade de retenção hídrica, deficiência de nutrientes e, devido à proximidade com o oceano, elevados níveis de sais (Lacerda, 1993). Aliado a todos esses fatores, as temperaturas caracteristicamente elevadas contribuem para tornar esse ecossistema altamente estressante. Assim, em face dessas características, as restingas podem ser consideradas ambientes com baixa resiliência, ou seja, baixo potencial de recuperação quando degradadas. Desse modo, para que as espécies vegetais tenham sucesso em estabelecer - se nesse ambiente adverso e dinâmico, é indispensável que apresentem uma plasticidade fisiológica compatível com as condições do ambiente.

Apesar do atual conhecimento de diversos mecanismos chaves para o metabolismo vegetal e da grande diversidade de espécies vegetais encontradas nas restingas, pouco se conhece sobre a influência que os fatores ambientais desempenham sobre os processos fisiológicos das plantas, sobretudo no que diz respeito ao balanço de carbono em espécies nativas (de Mattos & Scarano, 2002). Desse modo são necessários estudos que contribuam para a previsão das respostas das plantas às condições ambientais em seu entorno (de Mattos, 1998).

Estudos envolvendo a fluorescência transiente da clorofila *a* têm sido largamente utilizados em diversas pesquisas, sobretudo devido ao seu potencial em fornecer informações sobre a capacidade fotossintética e vitalidade de plantas. Sabe - se que fatores ambientais afetam os mecanismos fisiológicos das plantas, sobretudo a fotossíntese, de modo que a fluorescência da clorofila tem sido utilizada como uma valiosa ferramenta na compreensão de como os fatores abióticos, a saber, temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica entre outros podem influenciar fisiologicamente a planta e como esta responde a tais estresses.

A fluorescência da clorofila *a* é considerada uma técnica não - destrutiva dinâmica e de alta sensibilidade, possibilitando a obtenção rápida de resultados com leitura de um grande número de amostras em um curto intervalo de tempo e alto grau de confiabilidade. Por sua característica não - destrutiva, a técnica apresenta alto potencial para uso em estudos de monitoramento das condições fisiológicas das plantas em resposta à disponibilidade de recursos do ambiente.

Neste estudo, postulamos que diferenças na capacidade de absorção da energia luminosa influenciem a estrutura das florestas e os padrões de variação temporal de características fisiológicas relacionadas ao balanço de carbono em comunidades vegetais da restinga. Assim, assumimos como premissa que atributos fisiológicos como a capacidade fotossintética (fluorescência da clorofila *a*, fluorescência transiente O - J - I - P) assumam um significado adaptativo e que diferentes espécies vegetais comportam - se fisiologicamente de maneira distinta, mesmo compartilhando habitats geograficamente adjacentes.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi caracterizar espécies vegetais da restinga de Guriri - São Mateus/ES, quanto às características de absorção e uso da energia de excitação obtidas por meio de medições da fluorescência transiente (O - J - I - P) da clorofila *a* em períodos pós - seca e pós - chuvas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Ilha de Guriri, localizada a 12 km da cidade de São Mateus, ES (ca. 18°45'S, 39°44'W). A ilha possui linha costeira de aproximadamente 40 km, indo desde a Vila de Barra Nova, ao sul, até a desembocadura do Rio São Mateus, ao norte. O clima característico da região

é quente e úmido, com estação seca no outono - inverno e estação chuvosa na primavera - verão (Panoso *et. al.* 1978). A temperatura média anual varia entre 22°C e 24°C e precipitação média anual varia entre 1.000 e 1.250 mm (Nimer, 1989).

As coletas foram realizadas nos meses de novembro/2008 (pós - seca) e fevereiro/2009 (pós - chuvas), permitindo uma caracterização ecofisiológica das espécies em escala temporal ao longo de um gradiente de fatores ambientais.

Material vegetal

Foram analisadas 10 espécies da restinga da Ilha de Guriri, selecionadas de acordo com o grau de representatividade na vegetação local. As espécies estudadas foram: (1) *Clusia hilariana* Schtdl. - **Clusiaceae**, (2) *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand-**Burseraceae**, (3) *Alagoptera arenaria* (Gommes) O. Kuntze.-**Arecaceae**, (4) *Byrsonima sericea* DC.-**Malpigiaceae**, (5) *Myrciaria strigipes* O. Berg.-**Myrtaceae**, (6) *Inga subnuda* Salzm. ex Benth.-**Leguminosae**, (7) *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm.-**Bromeliaceae** e (8) *Pera glabrata* (Schott) Baill.-**Euphorbiaceae**, (9) *Ipomoea pes - caprae* (L.) Sweet - **Convolvulaceae** e (10) *Scaevola plumieri* (L.) Vahl - **Goodeniaceae**. Todas bem representadas na área investigada.

Avaliação da emissão da fluorescência transiente (O - J - I - P) da clorofila *a*

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi medida em folhas jovens totalmente expandidas, utilizando - se um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As medidas foram realizadas sempre no período da manhã em folhas previamente adaptada ao escuro (uso de cliques foliares) durante 30 minutos. Os sinais de fluorescência foram registrados a cada 10 μ s durante 1 s de iluminação (3000 μ mol fótons m⁻² s⁻¹). A intensidade de fluorescência aos 50 μ s foi considerada com sendo F0 (Strasser & Strasser, 1995). Os dados originados da curva O - J - I - P da fluorescência foram derivados de acordo com o teste JIP usando o programa BIOLYSER (Biolyser © R.M. Rodriguez, The Bioenergetics Laboratory, University of Geneva, Geneva, Switzerland). O teste JIP define o máximo fluxo de energia em termos de absorção (ABS), captura ("trapping", TR0), transporte de elétrons (ET0) e dissipação (DI0) e sua relação com sinais da fluorescência (Ft) entre F0 e FM. A partir destas variáveis basais, calculou - se a eficiência fotoquímica máxima do FS II (FV/FM = TR0/ABS). Atualmente, o uso de instrumentos de alta resolução tem permitido a aquisição, em escala de microssegundos, da inclinação da origem do aumento da fluorescência O - J - I - P (dF/dt0), permitindo o cálculo do fluxo de energia capturada por centro de reação ativo (TR0/RC) e do tamanho médio do sistema antena de captura de energia (ABS/RC). A intensidade de fluorescência obtido aos 2 ms (ponto J) possibilita estimar a probabilidade de redução da QA (QA+ para QA -) por elétrons movidos através da cadeia de transporte de elétrons [ET0/TR0=(FM - FJ)(FM - FO)]. ETO/TRO é diretamente relacionado à redução do pool de plastoquinonas. O fluxo específico de dissipação da energia em nível de sistema antena (DI0/RC), que representa a razão da dissipação total de energia de excitação não capturada nos centros de reação em relação aos centros de

reação ativos, o transporte de elétrons excitados (ET0/RC), que considera a reoxidação de QA - através da cadeia de transporte de elétrons, o índice de centros de reação ativos por sessão transversal excitada (RC/CS0) e a probabilidade de transporte de elétrons (ET0/TR0) que indica a probabilidade de um elétron que esteja no acceptor QA seguir na cadeia de elétrons foram analisados (para maiores detalhes, consultar Christen *et al.*, 007).

Análise estatística

Os gráficos dos sinais da fluorescência transiente O - J - I - P foram obtidos automaticamente pelo programa Handy - PEA (Hansatec). Os dados obtidos pelo teste JIP foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando os valores de F foram significativos, realizou - se teste de médias de acordo com Tukey (P < 0,05 e P < 0,01).

RESULTADOS

As curvas O - J - I - P da fluorescência da clorofila *a*, as quais apresentam um comportamento ascendente polifásico, mostrou um comportamento típico para a maioria das espécies estudadas. A magnitude dos sinais de fluorescência aumentou desde um nível basal, ou F0, até um nível máximo (FM) com os pontos intermediários J e I bem definidos. Ao contrário, em *A. blanchetiana* e *S. plumieri*, a aparência polifásica da curva O - J - I - P mostrou - se muito distinta quando comparada àquela obtida para as demais espécies, com o aparecimento de um ponto adicional K aos 300 μ s de irradiação. Segundo Pospíšil & Dau (2000), o aparecimento do ponto K reflete a inibição do lado doador de elétrons do FS II conectado ao complexo de evolução do oxigênio em resposta aos fatores de estresse ambientais, tais como temperatura, salinidade, déficit hídrico e luminosidade. Não obstante, o surgimento do ponto K refletiu na supressão parcial do ponto J, além de grandes variações na amplitude do ponto P em ambas as espécies, alterando o tempo requerido para se atingir o ponto máximo da produção de fluorescência.

Quando se comparou os períodos investigados, observou - se maior variação da fluorescência inicial em *A. blanchetiana* e *S. plumieri*. F0 reduziu - se 21 e 18% nestas espécies, respectivamente, no período pós - chuvas, permitindo inferir que neste período os pigmentos fotossintéticos que compõem o sistema antena de captação de energia de excitação apresentavam - se estruturalmente mais estáveis que no período pós - seca, possibilitando uma melhor absorção da energia luminosa. Por outro lado, *I. pes - caprae* apresentou um leve aumento (3%) em F0 no mesmo período.

As espécies *B. sericea* e *P. heptaphyllum* foram caracterizadas pelas maiores reduções da emissão da fluorescência máxima (FM) no período pós - chuvas (9% e 8%, respectivamente). Ao contrário, de todas as espécies analisadas, apenas *A. arenaria* apresentou um aumento (4%) em FM no mesmo período analisado. Aumentos em FM estão diretamente relacionados à menor eficiência do FS II em reduzir QA, refletindo alguma deficiência do sistema fotossintético em resposta às condições ambientais.

O período pós - chuvas foi favorável ao aumento em 7 e 8% da eficiência fotoquímica do FS II, representada pela

razão FV/FM, em *A. blanchetiana* e *S. plumieri*, respectivamente. Estes resultados evidenciam que, em períodos de maior disponibilidade de recursos, ocorre um aumento na capacidade dessas espécies em reduzir a QA.

A área acima da curva de fluorescência entre F0 e FM também se reduziu em função das condições ambientais. No período pós - chuva, foi possível ordenar as espécies analisadas em relação aos valores obtidos para a Área da seguinte maneira: 1 - *Myrciaria strigipes* (- 30%), 2 - *Pera glabrata* (- 29%), 3 - *Ipomoea péis - capre* (- 25%), 4 - *Aechmea blanchetiana* e *Clusia hilariana* (- 18%), 5 - *Prostium Heptaflium* (- 16%), 6 - *Inga subnuda* (- 4%), 7 - *Scaevola plumieri* (- 3%), 8 - *Byrsonima sericea* (1%), 9 - *Allagoptera arenaria* (+20%). A avaliação da área da curva da fluorescência tem um grande significado biológico, por dar um indicativo do tamanho ou dimensão do FS II, incluindo o pool de QA e QB (Strasser *et al.*, ., 1995).

Em adição, no período pós - chuva, o turnover de QA (N), ou seja, o período de tempo necessário para sua redução pelos elétrons excitados provenientes do FS II e posterior oxidação foi, em geral, inferior ao período pós - seca nas espécies estudadas, exceto para *B. sericea*, *I. subnuda* e *A. arenaria*. Dentre estas, o maior incremento de N foi observado em *B. sericea* (+12%), seguida por *I. subnuda* e *A. arenaria*, com 4 e 1%, respectivamente. Decréscimos nos valores de N evidenciam maior velocidade na captura da energia de excitação pelos centros de reação do FS II.

De maneira geral, a absorção por seção transversal (ABS/CS) foi menor no período pós - chuvas. Estas menores taxas de absorção implicaram também em reduzidas taxas de captura da energia de excitação (TR0/CS0) e de transporte de elétrons na cadeia (ET0/CS0). A queda na taxa de absorção da energia de excitação pode ser resultado da inativação dos centros de reação. De fato, no período pós - chuva, houve uma redução na taxa de centros de reações ativos (RC/CS0). Dentre as espécies analisadas, *P. glabrata*, *A. blanchetiana* e *C. hilariana* apresentaram decréscimos significativos na quantidade de centros de reações ativos (39, 30 e 29% respectivamente). No entanto, vale ressaltar, que apesar do decréscimo em ABS/CS0, TR0/CS0, ET0/CS0 e RC/CS0, os valores da eficiência fotoquímica do fotossistema II das espécies analisadas mantiveram - se sem variações significativas. Entretanto, observou - se um discreto aumento na eficiência de absorção da energia luminosa em *A. blanchetiana* e *S. plumieri*. Assim, a razão FV/FM, frequentemente o único parâmetro da fluorescência da clorofila usado para diagnosticar a ocorrência e extensão de alterações fisiológicas nas plantas, pode não ser uma ferramenta muito sensível. Esta relativa insensibilidade de FV/FM já havia sido relatada por Strasser *et al.*, (2000).

Muito embora tenha sido observado reduções significativas em ABS/CS0, TR0/CS0 e ET0/CS0, a taxa de dissipação da energia de excitação por seção transversal (DI0/CS0) não variou, exceto em *P. heptaflium*, *A. blanchetiana* e *S. plumieri*. Nestas espécies, o aumento da precipitação causou reduções significativas na taxa de dissipação. Não obstante, a redução na taxa de dissipação foi consistente com os menores valores de F0 obtidos nestas espécies. Esta redução em DI0/CS0, associada àquelas obtidas em F0, podem ser um indicativo de fotoproteção do sistema foto-

ssintético. DI0/CS0 refere - se aos aspectos de dissipação refletindo a dissipação total medida por seção transversal ("cross - section") da amostra contendo centros de reação ativos e inativos (Force *et al.*, ., 2003). Dissipação, neste contexto, refere - se à perda da energia absorvida na forma de calor, fluorescência e transferência de energia a outros sistemas (Strasser *et al.*, ., 2000). Não obstante, o termo "dissipação" pode fazer referência também à absorção de fótons em excesso, ou seja, suficientemente alto para ser capturado pelos centros de reação do FS II.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram uma tendência geral ao decréscimo nos parâmetros fotoquímicos analisados. Embora a redução de parâmetros como ABS0/CS0, TR0/CS0, ET0/CS0 e Área possam ser indícios de menor eficiência do sistema fotossintético das plantas, a análise do turnover da QA (N) revelou que as espécies estudadas apresentaram alguma habilidade em manter um bom desempenho fotoquímico por acelerar a reciclagem da QA. Uma estratégia inversa foi encontrada nas espécies que obtiveram alto valor para N. Estas, para compensarem a reciclagem mais lenta da QA, apresentaram valores maiores para a Área, ou seja, estrategicamente aumentaram o pool de Quinonas A, aceptores primários de elétrons no FS II. Por conseguinte, foram alcançados decréscimos nos valores de F0 e FM no período pós - chuvas, com o conseqüente aumento da eficiência do sistema fotossintético das plantas. É válido ressaltar que neste período, fatores de estresses ambientais como nível de radiação solar e temperaturas tornam - se mais amenas ao passo que a disponibilidade de recursos ambientais, como disponibilidade hídrica aumenta.

REFERÊNCIAS

- Lacerda, L.D.; Araújo, D.S.D.; Maciel, N.C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: E. Van Der Maarel (ed.), *Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania*. Amsterdam, Elsevier, p. 477 - 493.
- De Mattos, E. A. 1998, Perspectives on comparative ecophysiology of some brazilian vegetation types: leaf CO₂ and H₂O gas Exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. In: F. R. Scarano & A. C. Franco (eds.), *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. Rio de Janeiro, Oecologia Brasiliensis IV PPGE - UFRJ, p. 1 - 13.
- De Mattos, E. A. & Scarano, F. R. 2002. Carbon sequestration: what really matters? - A reply to Buckeridge & Aida. *Biota Neotropica* (Ed. Portuguesa). 02, p. 2.
- Force, L., Critchley, C., Rensen, J. J. S. 2003. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. *Photosynth Res*, 78: 17 - 33.
- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. 2ª ed. Fundação IBGE, Rio de Janeiro. 421 p.
- Pospisil, P. and Dau, H. 2000. Chlorophyll fluorescence transients of Photosystem II membrane particles as a

tool for studying photosynthetic oxygen evolution. *Photosynth. Res.*, 65: 41 - 52.

Strasser, B. J; Strasser R. J. 1995, Measuring fast fluorescence transients to address environmental question: The JIP - Test. *In*: Mathis P. (ed), *Photosynthesis: from light to biosphere*. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academy Publisher, pp 977 - 980.

Strasser, R. J; Srivasta, A; Tsimilli - Michel, M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. *In*: Yunus, M; Pathre, U; Mohanty, P. (eds), *Probing Photosynthesis: Mechanism,*

Regulation and Adaptation. London, Taylor and Francis, pp 445 - 483.

Panoso, L. A., Gomes, I. A., Pires - Filho, A. M. & Bonelli, S., 1978, Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, Emprapa (Boletim Técnico) 45: 461.

Christen, D., Schonmann, S., Jermini, M., Strasser, R. J., Défago G. 2007. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Env. Exp. Bot.*, 60: 504 - 514.