

**Aumento da disponibilidade de N via deposição atmosférica e fenologia reprodutiva de *Habenaria caldensis* Kraenzl. (Orchidaceae) no Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) – MG, Brasil**

Victor Satler Pylro<sup>1,4</sup>, Eduardo dos Santos Cruz<sup>2</sup>, Gabriela Frois Duarte<sup>3</sup> & Alessandra Rodrigues Kozovits<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa – UFV,  
Av. P. H. Rolfs, S/N, Campus, Viçosa, MG, CEP 36570-000

<sup>2</sup>Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, ICEB,  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Campus Universitário, S/N, Ouro Preto, MG, CEP 35400-000

<sup>3</sup>Departamento de Ciências Biológicas, ICEB, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP,  
Campus Universitário, S/N, Ouro Preto, MG, CEP 35400-000

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Victor Satler Pylro, e-mail: victor.pylro@ufv.br

PYLRO, V.S., CRUZ, E.S., DUARTE, G.F. & KOZOVITS, A.R. **The increase of N availability via atmospheric deposition and the reproduction phenology in *Habenaria caldensis* Kraenzl. (Orchidaceae) in the Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) – MG, Brazil.** *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn00311022011>

**Abstract:** Along with the increased concentration of CO<sub>2</sub>, the atmospheric deposition of nitrogen is currently considered one of the most important factors of change in the functioning of native ecosystems and has caused drastic changes in their floristic composition and nutrient cycling in the northern hemisphere. In tropical and subtropical systems, however, the largest holders of the plants diversity, little is known about the effects of the nitrogen enrichment via deposition on their performance. Understanding the magnitude and direction of the responses of the orchids to the increase of the concentration of available nitrogen might be helpful to modeling of rock outcrops population dynamics in response to global changes. We evaluated the responses of flowering and fruiting in plants of *Habenaria caldensis* Kraenzl. (Orchidaceae), a species widely distributed in Minas Gerais, as a result of increased nitrogen availability through fertilization with ammonium nitrate, in situ, by spraying. In response to the addition of N, anthesis occurred about 15 days earlier compared to individuals of the control group. The results of this study demonstrated that the increased availability of N via atmospheric deposition can affect in a short term the ecology of orchids and possibly other plants from rock outcrops by changing their phenological and allometric patterns. In a medium and long term, such changes can have an important impact on the dynamics of populations and communities of this vegetation type.

**Keywords:** fertilization, rock outcrops, flowering and fruit development.

PYLRO, V.S., CRUZ, E.S., DUARTE, G.F. & KOZOVITS, A.R. **Aumento da disponibilidade de N via deposição atmosférica e fenologia reprodutiva de *Habenaria caldensis* Kraenzl. (Orchidaceae) no Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) – MG, Brasil.** *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/abstract?article+bn00311022011>

**Resumo:** Ao lado do aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, a deposição atmosférica de N é atualmente considerada um dos mais importantes fatores de alteração do funcionamento dos ecossistemas nativos, tendo já provocado drásticas mudanças na composição florística e na ciclagem de nutrientes no hemisfério norte. Entretanto, em sistemas tropicais e subtropicais, pouco se sabe sobre os efeitos do enriquecimento de N via deposição atmosférica, sobre o seu funcionamento. A compreensão da amplitude e da direção das respostas de orquídeas ao aumento da concentração de N disponível pode ajudar a alimentar modelos de dinâmica de populações rupícolas em resposta às mudanças globais. Avaliamos as respostas de floração e frutificação em plantas de *Habenaria caldensis* Kraenzl. (Orchidaceae), espécie de ampla distribuição em Minas Gerais, em consequência do aumento da disponibilidade de N por meio de fertilizações com nitrato de amônio, in situ, por aspersão. Em resposta à adição de N, a antese foi adiantada em cerca de 15 dias em relação aos indivíduos do grupo controle. Pelos resultados obtidos, o aumento da disponibilidade de N via deposição atmosférica pode afetar em curto prazo a ecologia de orquídeas e possivelmente outras plantas de campos rupestres alterando seus padrões fenológicos e alométricos. Em médio e longo prazos, tais modificações podem ter relevante impacto sobre a dinâmica de populações e comunidades desse tipo vegetacional.

**Palavras-chave:** fertilização, campos rupestres, floração e frutificação.

## Introdução

As atividades humanas têm elevado a concentração de gases de efeito estufa, poluentes gasosos e particulados na atmosfera a níveis capazes de alterar, direta ou indiretamente, o desenvolvimento de diferentes componentes da biosfera. O aumento de cerca de 30% da concentração de CO<sub>2</sub> em relação à sua concentração no início da Revolução Industrial é considerado estimulador para a produtividade de plantas (Saxe et al. 1998), conquanto outros fatores como nitrogênio, por exemplo, não sejam limitantes. Entretanto, o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> não tem ocorrido de forma isolada, já que, ao mesmo tempo, a deposição de N cresceu cerca de 4,5 vezes de 1843 até o presente momento e deve continuar aumentando vertiginosamente, em decorrência da expansão das áreas de pastagem e cultivo de leguminosas fixadoras de N, do aumento do uso de fertilizantes nitrogenados, da queima de biomassa vegetal e das atividades industriais (Vitousek et al. 1997, Goulding et al. 1998).

Por ser o N um dos principais determinantes da produtividade vegetal, sobretudo em ecossistemas de solos distróficos dos trópicos e subtropicais (Haridasan 2001), o aumento de sua disponibilidade via deposição atmosférica pode provocar alterações na ecofisiologia de plantas, afetando a dinâmica de populações, comunidades e funcionamento de ecossistemas (Bobbink et al. 1998). Estudos realizados em florestas no hemisfério norte demonstraram que, em termos de produtividade e densidade, as espécies vegetais de uma mesma comunidade respondem diferentemente ao aumento da disponibilidade de N e que as espécies nitrofilicas são favorecidas, tendendo a excluir espécies com menores demandas por N (Bobbink 1998, Mitchell et al. 2004). A adição de N em condições de concentração mais elevada de CO<sub>2</sub> também afeta a fenologia reprodutiva de diferentes grupos funcionais de plantas, atrasando o início da floração de gramíneas e acelerando a floração de eudicotiledôneas herbáceas (Cleland et al. 2006). À parte deste estudo, pouca informação está disponível sobre os efeitos do incremento de N especificamente sobre a fenologia reprodutiva das plantas nativas. Alterações nos períodos fenológicos reprodutivos podem ter sérias consequências para dinâmica de populações e até mesmo para a sobrevivência de plantas, pois podem levar à competição e/ou partilha de polinizadores específicos (Levin & Anderson 1970, Sakai 2000). Entre espécies vegetais taxonomicamente próximas, esses processos podem resultar na diminuição do sucesso reprodutivo e em eventos de hibridação (Campbell & Motten 1985), no caso da partilha por polinizadores, e interferir no número de visitas às flores conduzindo os indivíduos ao isolamento reprodutivo (Murcia 1995), quando ocorre competição. Em médio e longo prazo, os ecossistemas experimentalmente modificados com composição florística, perda de biodiversidade, das interações com polinizadores e herbívoros, que vêm acompanhadas de alterações na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (Jacobson et al. 2010, Bobbink et al. 2010, Kozovits et al. 2007).

Em algumas regiões do estado de Minas Gerais/Brasil, os campos rupestres são os tipos vegetacionais dominantes, compreendendo um mosaico de formações caracterizadas pela presença de espécies subarborescentes e herbáceas, com alto grau de endemismo, crescendo sobre ilhas de afloramentos rochosos de quartzo, arenito ou canga (Giulietti et al. 1997, Giulietti & Pirani 1988). Esses sistemas poderiam ser bastante afetados pela deposição de N, uma vez que são caracterizados por solos que, quando presentes, são rasos, distróficos e com baixa capacidade de retenção de água, o que impõe condições edafoclimáticas seletivas para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas adaptadas ao uso eficiente de N e outros recursos (Ferreira & Magalhães 1977). Além disso, a economia nessas regiões está fortemente baseada nas atividades agropecuárias e na indústria de transformação, especialmente a siderurgia, atividades essas

responsáveis pela emissão de grandes quantidades de NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) e NH<sub>3</sub> (amônia), que serão devolvidas à superfície terrestre por meio da deposição seca e úmida. Os efeitos de tal fertilização involuntária sobre a vegetação dos campos rupestres são desconhecidos.

Dentre as famílias mais bem representadas nos campos rupestres de Minas Gerais, destaca-se a Orchidaceae, sendo *Habenaria* Willd. um extenso gênero pertencente à subtribo Habenariinae e que, no Brasil, abriga cerca de 170 espécies, sendo o segundo maior gênero de orquídeas, apenas superado por *Pleurothallis* (Hoehne 1940, Pabst & Dungs 1975, Batista et al. 2004). O gênero *Habenaria* distribui-se amplamente no território brasileiro, sendo encontrado principalmente no cerrado e campos rupestres das regiões sudeste e centro-oeste do país (Batista et al. 2004). A *H. caldensis* é uma espécie relativamente comum em campos rupestres dos estados de Minas Gerais e Goiás (Batista et al. 2004) e, devido à sua ampla distribuição, pode ser considerada um ótimo modelo de estudo para o entendimento das respostas desses vegetais ante a mudanças ambientais. O entendimento dessas respostas enseja o fomento de programas visando à conservação de, por exemplo, *H. itacolomia*, espécie endêmica e ameaçada de extinção do Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) (Fundação Biodiversitas 2005).

Devido ao pequeno número de trabalhos direcionados para a preservação de espécies em importantes habitats localizados em Minas Gerais; especialmente aos campos rupestres (Nogueira & Alves 2003), são imprescindíveis as iniciativas que visem ao estudo das respostas da vegetação nativa aos aumentos da concentração de N via deposição atmosférica que já ocorrem no presente e que ocorrerão no futuro (Vitousek et al. 1997). Aparentemente, a plasticidade morfológica e fisiológica nas comunidades de campo rupestre em resposta às aceleradas mudanças é que irão determinar as espécies ou grupos de espécies que persistirão. Sendo assim, estudamos a maneira como *Habenaria caldensis*, em comunidades de campo rupestre de Ouro Preto – MG, respondeu ao aumento da disponibilidade de N via deposição atmosférica, em termos de fenologia reprodutiva.

## Material e Métodos

### 1. Caracterização da área experimental

O Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) possui uma área de 7.543 ha situados nos municípios de Ouro Preto e Mariana, em Minas Gerais, entre os paralelos 20° 22' 30" e 20° 30' 00" S e os meridianos de 43° 32' 30" e 43° 22' 30" O, abrangendo a maior parte da Serra do Itacolomi (Figura 1a) (Peron 1989). Segundo a classificação de Köppen ocorrem na região dois tipos climáticos: tropical de altitude com verão quente e chuvas de verão (Cwa), predominantemente nas áreas menos elevadas; e tropical de altitude com verão fresco e chuvas de verão (Cwb), que predominam nas áreas de maior altitude. A época chuvosa ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro e as de seca, entre julho a agosto. *Habenaria caldensis* (Figura 1b) apresenta ampla distribuição em uma extensa área de campos graminóides na Serra do Itacolomi. Para este estudo, delimitamos aleatoriamente nessa região, duas parcelas de 20 × 20 m, distantes 2 m entre si, sendo: a) sem aplicação de N (grupo controle) e b) com aplicação de N por aspersão (grupo tratamento). Em cada parcela, sorteamos e etiquetamos 40 indivíduos de *Habenaria caldensis*, totalizando 80 indivíduos.

### 2. Fertilização com nitrogênio

Aplicamos o N semanalmente, durante o período de dois meses (13/01 a 31/03/2008), na forma de nitrato de amônio por aspersão, na concentração de 0,17 g N m<sup>-2</sup>, sobre o grupo tratamento,

simulando a deposição atmosférica úmida de chuva ou de névoa de 17 kg N ha<sup>-1</sup>/ano<sup>-1</sup>. Da mesma forma, submetemos o grupo controle à aspersão com água destilada, em igual volume ao grupo tratamento.

### 3. Fenologia floral de *H. caldensis*

Acompanhamos a fenologia reprodutiva dos indivíduos de *H. caldensis* selecionados, durante o período experimental. O sistema adotado para classificação da fenofase levou em conta quatro estádios: Estádio 1: Flores fechadas; Estádio 2: Flores abertas (antese); Estádio 3: Frutos fechados; e Estádio 4: Frutos abertos.

Em cada uma das observações, avaliamos os números de flores e frutos de cada indivíduo. Na mesma ocasião, registramos os valores de temperatura do solo em cada grupo, com o auxílio de um termômetro de solo (Tabela 1), e as temperaturas ambiente e umidade relativa do local, usando um termo-higrômetro digital (Instrutherm HT 270) (Tabela 2).

### 4. Análises estatísticas

Utilizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a distribuição dos dados de fenologia reprodutiva (variáveis-resposta). Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, utilizamos o teste U não paramétrico de Mann-Whitney, ao nível de 5%, para avaliarmos as diferenças entre os grupos controle e tratamento. As análises foram realizadas com o programa SPSS® 15.0 for Windows®.

## Resultados

As plantas dos grupos controle e tratamento apresentaram comportamentos fenológicos diferenciados. De forma geral, a adição de N antecipou o início da abertura das flores em cerca de 15 dias em relação aos indivíduos do grupo controle (Figura 2).

A média da antese diferenciou-se marginalmente entre os grupos na terceira semana ( $p < 0,1$ ) e significativamente na quarta semana ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Além disso, o número médio de flores fechadas do grupo tratamento na quinta semana foi maior do que no grupo controle ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Embora as observações em campo sugerissem que o início da abertura dos frutos estava à frente em pelo menos 15 dias no grupo com aplicação de adubação nitrogenada em relação ao controle, tal diferença não foi significativa. Como o período de observação fenológica foi interrompido antes da finalização da fase de desenvolvimento do fruto, não foi possível verificar se tal



Figura 1. a). Serra do Itacolomi (PEIT – Ouro Preto/MG) e b). *Habenaria caldensis* Kraenzl.

Figure 1. a). Serra do Itacolomi (PEIT – Ouro Preto/MG) and b). *Habenaria caldensis* Kraenzl.

Tabela 1. Temperaturas do solo aferida em cada grupo.

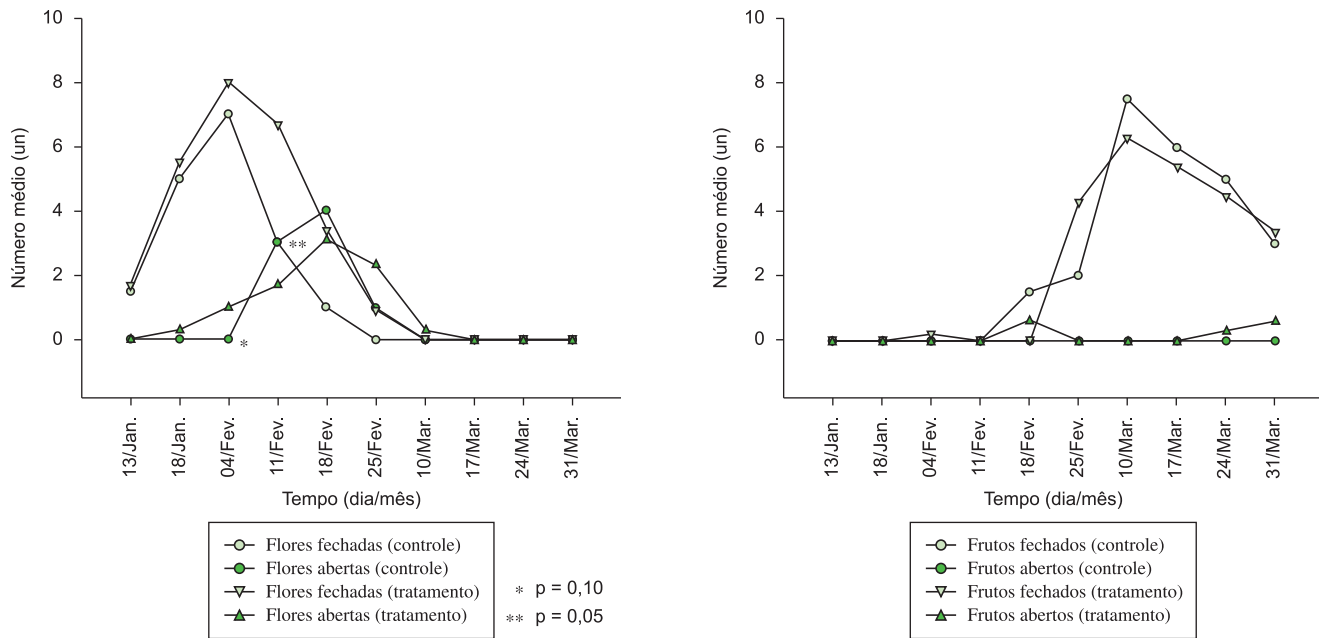
Table 1. Soil temperatures measured in each group.

Dia	13/jan	18/jan	4/fev	11/fev	18/fev	25/fev	10/mar	17/mar	24/mar	31/mar
<b>Grupo</b>	<b>Temperatura do solo (°C)</b>									
<b>Controle (-N)</b>	24	21	23	24	21	20	22	24	20	24
<b>Tratamento (+N)</b>	24	19	23	25	23	22	23	24	20	23

Tabela 2. Temperaturas do ambiente e umidades relativas aferidas.

Table 2. Ambient temperature and relative moisture measured.

Dia	13/jan	18/jan	4/fev	11/fev	18/fev	25/fev	10/mar	17/mar	24/mar	31/mar
	<b>Temperatura ambiente (°C)</b>									
	21,5	21,8	27	24,3	19,6	25,9	20,1	21,9	19,3	21,1
	<b>Umidade relativa (%)</b>									
	71,58	65,46	55,00	69,44	76,90	60,45	82,17	72,36	76,97	77,85



**Figura 2.** Número médio de flores e frutos registrados no intervalo de amostragem nos grupos Controle (-N) e Tratamento (+N).

**Figure 2.** Average number of flowers and fruits recorded in the sampling interval in the Treatment (+N) and Control (-N) groups.

adiantamento se tornaria mais evidente nas semanas posteriores ao período experimental.

Apesar da aceleração da antese e abertura dos frutos em resposta à aplicação de N, os picos de número médio de flores abertas, flores fechadas e frutos abertos coincidiram entre os grupos controle e tratamento, ocorrendo, respectivamente, na terceira, quinta e sétima semanas de observação.

## Discussão

Nas últimas décadas, alguns estudos ampliaram os conhecimentos sobre a composição e o funcionamento dos ecossistemas de campos rupestres brasileiros (Giulietti et al. 1987, Pirani et al. 1994, Stannard 1995, Romero & Nakajima 1999). Por esses trabalhos, constata-se que há um alto índice de endemismo para seu tipo de vegetação, uma vez que ocorre em locais de condições ecológicas muito particulares e foram considerados áreas de extrema importância para a conservação.

Em especial, a família Orchidaceae é bem representada no PEIT. Alves (1990) descreveu 40 espécies no parque, sendo quatro delas pertencentes ao gênero *Habenaria*. Entretanto, espera-se que esse número seja bem maior, uma vez que, recentemente, Batista et al. (2004) registraram 15 espécies apenas do gênero *Habenaria* no PEIT, uma delas *Habenaria itacolumia* Garay, endêmica da região e constante da lista de espécies ameaçadas de extinção da Fundação Biodiversitas, sendo classificada como vulnerável. Em levantamento recente, realizado pelos autores desse trabalho, pouquíssimos indivíduos dessa espécie foram encontrados, evidenciando a demanda de uma “maior atenção” para levantamentos florísticos no PEIT. Alguns autores sugerem que a baixa ocorrência de algumas espécies e gêneros de orquídeas possa se dever à sua capacidade de produção de flores e sementes, que por sua vez, podem depender da disponibilidade de nutrientes no solo (Mattila & Kuitunen 2000).

*H. caldensis* é uma espécie sazonal que apresenta um sistema de armazenamento de nutrientes no tubérculo enterrado no solo. Na época de desenvolvimento da parte vegetativa e floração, a

planta parece utilizar, inicialmente, a reserva nutritiva do tubérculo, armazenada no ano anterior, comportamento também observado em outras espécies (Mattila & Kuitunen 2000). Desse modo, era esperado que, na primeira estação reprodutiva sob fertilização, não fossem encontradas grandes variações nos padrões fenológicos e que, possivelmente, os efeitos da adição de N se tornassem mais evidentes nas gerações futuras, que já se desenvolveriam sobre influência do novo tubérculo. Entretanto, a antecipação da antese e tendência de abertura dos frutos em cerca de duas semanas em resposta à fertilização pode ser um sinal de que, nessa fase do desenvolvimento, as plantas não são completamente dependentes apenas dos estoques nutricionais dos tubérculos. Segundo Whigham (1984), a demanda por macronutrientes durante o crescimento da parte aérea e reprodução pode exceder as reservas presentes nos órgãos subterrâneos, e consequentemente, as plantas precisam absorver nutrientes do solo nessas fases. Com relação a outras geófitas, Verboom et al. (2002) concluíram que a floração não alterou a biomassa desses órgãos produzidos na estação de crescimento anterior e foi favorecida pela aplicação de fertilizantes no solo. Porém, a construção de um novo tubérculo pode ser um dreno muito mais relevante dos recursos do tubérculo anterior que a formação estruturas de reprodução sexuada (Ruiters & McKenzie 1994); sendo assim, a floração e frutificação podem também não depender das reservas internas da planta e, sim, da fertilidade do solo. O aumento da disponibilidade de N pode estimular a floração de diferentes maneiras. Quando a atividade fotossintética e a exportação de sacarose da folha, juntamente com a giberelina, são elevadas, a indução do desenvolvimento reprodutivo em algumas espécies tem sido relatada (Vieira 2008). Por outro lado, estudos indicaram que a aplicação de fertilizantes nitrogenados aumenta a concentração de aminoácidos totais nos tecidos vegetais, especialmente de arginina, que é precursora das poliaminas indutoras da floração, como espermidina e espermina (Bonnet-Masimbert & Webber 1995).

As diferenças nos números de flores abertas encontradas entre os grupos nas terceira e quarta semanas podem conduzir a alterações

nas relações ecológicas entre a planta e seus polinizadores. Para esse gênero no PEIT, esse fato é de extrema relevância, uma vez que dentre as várias espécies do gênero *Habenaria* ali presentes, possivelmente algumas compartilham o mesmo grupo de polinizadores. Em estudos de fenologia floral de três espécies de *Habenaria* encontradas no PEIT, foram evidenciados padrões assíncronicos da época de floração entre as mesmas (E.S. Cruz, dados não publicados). É possível que essa estratégia seja importante para assegurar que não haja competição por polinizadores, o que conduziria ao desfavorecimento de algumas espécies mais susceptíveis, como *H. itacolumia*. Em estudos similares feitos anteriormente com outra espécie de orquídea presente no parque, *Oncidium blanchetti*, foi possível visualizar que, na estação reprodutiva posterior a da fertilização, houve atraso na época de floração nos indivíduos que sofreram esse tratamento quando comparados aos não fertilizados, além da presença de folhas mais verdes (V.S. Pylro, dados não publicados). O maior número médio de flores fechadas encontrado na quinta semana no grupo tratamento provavelmente é consequência do maior número médio de flores abertas no grupo controle, registrado na semana anterior.

A deposição de N tem diminuído de modo significativa a riqueza de espécies vegetais nas savanas da Grã-Bretanha e esse declínio ocorre como função linear da taxa de deposição desse elemento na sua forma inorgânica (Stevens et al. 2004). Além disso, esse mesmo estudo apontou que espécies adaptadas a condições distróficas são sistematicamente reduzidas em altas concentrações de deposição de N. A taxa de deposição de N simulada no presente trabalho é equivalente à encontrada na Europa central e Reino Unido (17 kg N ha<sup>-1</sup>/ano<sup>-1</sup>) (EMEP, 2009), onde se estima uma redução de 23% das espécies nas savanas, em consequência da alta concentração desse elemento na atmosfera (Stevens et al. 2004). Resultados semelhantes foram encontrados em uma área de cerrado do Distrito Federal sujeita à adição de longo prazo de N (Jacobson et al. 2010). Sendo assim, pode-se inferir que os Campos Rupestres são potencialmente um dos ecossistemas brasileiros mais afetados por esse processo, que pode conduzir a perdas inestimáveis de espécies nativas. Diante disso, nossos resultados são relevantes para o conhecimento dos padrões fenológicos de *H. caldensis* perante as alterações da disponibilidade de nutrientes no solo causadas por atividades antrópicas e podem fomentar programas que visem à conservação da flora dos Campos Rupestres. Estudos que acompanhem o desenvolvimento geral da planta em resposta à simulação de deposição atmosférica de N por mais de uma estação de crescimento, entretanto, devem ser realizados para que se possam avaliar mais concretamente os impactos causados pela deposição de N nos campos rupestres.

## Conclusões

A adição de N em quantidades que simulam sua deposição atual em algumas regiões do mundo e que devem ser atingidas nos países em desenvolvimento industrial nas próximas décadas, especialmente no sudeste brasileiro, mostrou-se suficiente para provocar mudanças nas épocas de abertura de flores de *H. caldensis*. O desenvolvimento de plantas em solos distróficos, como os encontrados em campo rupestres do PEIT, mesmo daquelas que possuem órgãos subterrâneos de reserva, pode estar limitado pela baixa disponibilidade de N e ser altamente sensível à poluição atmosférica de N. Alterações nos padrões fenológicos e de crescimento nos indivíduos são de relevância para as relações ecológicas como o ajuste da época de floração e presença de polinizadores, assim como para aspectos ecofisiológicos, como aumento das taxas fotossintéticas e variações foliares, radiculares e na altura, indicando, possivelmente, mudanças nos parâmetros alométricos e competitivos das plantas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Estadual de Florestas/MG pela concessão das licenças para coleta no Parque Estadual do Itacolomi (PEIT), à administração do PEIT pela colaboração, a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, R.J.V. 1990. The Orchidaceae of Itacolomi State Park in Minas Gerais, Brazil. *Acta Bot. Bras.* 4(2):65-72.
- BATISTA, J.A.N., BIANCHETTI, L.B., NOGUEIRA, R.E., PELLIZZARO K.F. & FERREIRA, F.E. 2004. The genus *Habenaria* (Orchidaceae) in the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. *Sitientibus Ser. Ci. Biol.* 4(1):25-36.
- BOBBINK, R. 1998. Impacts of tropospheric ozone and airborne nitrogenous pollutants on natural and semi-natural ecosystems: a commentary. *New Phyt.* 139:161-168. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00175.x>
- BOBBINK, R., HICKS, K., GALLOWAY, J., SPRANGER, T., ALKEMADE, R., ASHMORE, M., BUSTAMANTE, M., CINDERBY, S., DAVIDSON, E., DENTENER, F., EMMETT, B., ERISMAN, J.W., FENN, M., GILLIAM, F., NORDIN, A., PARDO, L. & DE VRIES, W. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecol. Appl.* 20:30-59. PMID:20349829. <http://dx.doi.org/10.1890/08-1140.1>
- BONNET-MASIMBERT, M. & WEBBER, J.R. 1995. From flower induction to seed production in forest tree orchards. *Tree Physiol.* 15:419-426. PMID:14965922
- CAMPBELL, D.R. & MOTTEN, A.F. 1985. The mechanism of competition for pollination between two forest herbs. *Ecology.* 66:554-563. <http://dx.doi.org/10.2307/1940404>
- CLELAND, E.E., CHIARIELLO, N.R., LOARIE, S.R., MOONEY, H.A. & FIELD, C. B. 2006. Diverse responses of phenology to global changes in a grassland ecosystem. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 103:13740-13744. PMID:16954189. PMID:1560087 <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0600815103>
- EUROPEAN MAPPING AND EMISSIONS PROGRAMME - EMEP. <http://www.emep.int>. Acesso em: Agosto de 2009.
- FERREIRA, M.B. & MAGALHÃES, G.M. 1977. Contribuição para o conhecimento da vegetação da Serra do Espinhaço em Minas Gerais (Serras do Grão Mogol e da Ibitipoca). In XXVI Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Brasileira de Botânica, Rio de Janeiro, p.189-202.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. [http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista\\_florabr.pdf](http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista_florabr.pdf) (último acesso em: 18/05/2009).
- GIULETTI, A.M., MENEZES, N.L., PIRANI, J.R., MEGURO, M. & WANDERLEY, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. *Bol. Bot. Univ. São Paulo.* 9:1-151.
- GIULETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In *Proceedings of a workshop on Neotropical Distribution Patterns* (P.E. Vanzolini & W.R. Heyer, eds.). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.39-69.
- GIULETTI, A.M., PIRANI, J.R. & HARLEY, R. 1997. Espinhaço range region, eastern Brazil. *IUCN.* 3:397-404.
- GOULDING, K.W.T., BAILEY N.J., BRADBURY, N.J., HARGREAVES, P., HOWE, M., MURPHY, D.V., POULTON, P.R. & WILLISON, T.W. 1998. Nitrogen deposition and its contribution to nitrogen cycling and associated soil processes. *New Phyt.* 139:49-58. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00182.x>
- HARIDASAN, M. 2001. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrados of central Brazil. In *Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world* (M.E. McClain, R.L. Victoria & J.E. Richey, ed.). Oxford University Press, New York, p.68-83.

- HOEHNE, F.C. 1940. Orchidaceas, *Habenaria*. In Flora Brasílica (F.C. Hoehne, ed.). Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio de São Paulo, São Paulo, p. 252–254.
- JACOBSON, T.K.B., BUSTAMANTE, M.M.C & KOZOVITS, A.L. 2010. Diversity of shrub tree layer, leaf litter decomposition and N release in a Brazilian Cerrado under N, P and N plus P additions. Environ. Pollut. In press. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.envpol.2010.10.019>
- KOZOVITS, A.R., BUSTAMANTE, M.M.C., GAROFALO, C.R., BUCCI, S., FRANCO, A.C., GOLDSTEIN, G. & MEINZER, F.C. 2007. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. *Funct. Ecol.* 21:1034-1043. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01325.x>
- LEVIN, D.A. & ANDERSON, W.W. 1970. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *Am. Nat.* 104:455-467. <http://dx.doi.org/10.1086/282680>
- MATTILA, E. & KUITUNEN. 2000. Nutrient versus pollination limitation in *Platanthera bifolia* and *Dactylorhiza incarnata* (Orchidaceae). *Oikos*. 89:360-366.
- MITCHELL, R.J., SUTTON, M.A., TRUSCOTT, A.M., LEITH, I.D., CAPE, J.N., PITCAIRN, C.E. R. & VANDIJK, N. 2004. Growth and tissue nitrogen of epiphytic Atlantic bryophytes: effects of increased and decreased atmospheric N deposition. *Funct. Ecol.* 18:322-329. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00828.x>
- MURCIA, C. 1995. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In *Forest patches in tropical landscapes* (J. Schellas & R. Greenberg, eds.). Island Press, London, p.19-36.
- NOGUEIRA, R.E. & ALVES, R.J.V. 2003. *Itacolumia* vs. *Habenaria* - Taxonomic Notes. *Bradea*. 9(5):21-23.
- PABST, G.F.J. & DUNGS, F. 1975. *Orchidaceae Brasiliensis*. Vol. I. Brücke-Verlag Kurt Schmiersow, Hildesheim.
- PERON, M.V. 1989. Listagem preliminar da flora fanerogâmica dos Campos Rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto/Mariana, MG. *Rodriguésia*. 67:63-69.
- PIRANI, J.R., GIULIETTI, A.M., MELLO-SILVA, R. & MEGURO, M. 1994. Checklist and patterns of geographic distribution of the vegetation of Serra do Ambrósio, Minas Gerais, Brazil. *Rev. Bras. Bot.* 17:133-147.
- ROMERO, R. & NAKAJIMA, J.N. 1999. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. *Rev. Bras. Bot.* 22(2):259-265. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000500006>
- RUITERS, C. & MCKENZIE, B. 1994. Seasonal allocation and efficiency patterns of biomass and resources in the perennial geophyte *Sparaxis grandiflora* Subspecies *fimbriata* (Iridaceae) in Low land Coastal Fynbos, South Africa. *Ann. Bot.* 74:633-646. <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1994.1165>
- SAKAI, S. 2000. Reproductive phenology of gingers in a lowland mixed dipterocarp forest in Borneo. *J. Trop. Ecol.* 16:337-354. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400001449>
- SAXE, H.; ELLSWORTH, D.S. & HEATH, J. 1998. Tree and forest functioning in an enriched CO<sub>2</sub> atmosphere. *New Phyt.* 139:395-436. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00221.x>
- STANNARD, B.L. 1995. *Flora of the Pico das Almas - Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew Publishing.
- STEVENS, C.J., DISC, N.B., MOUNTFORD, J.O. & GOWING, D.J. 2004. Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands. *Science*. 300:1876-1879. PMID:15031507. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094678>
- VERBOOM, G.A., STOCK, W.D. & LINDER, H.P. 2002. Determinants of postfire flowering in the geophytic grass *Ehrharta capensis*. *Funct. Ecol.* 16:705-713. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00673.x>
- VIEIRA, M.R.S. 2008. Aplicação de ácido giberélico na qualidade e na bioquímica de hastes de crisântemo cv. 'faroe'. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo.
- VITOUSEK, P.M., ABER, J.D., HOWARTH, R.W., LIKENS, G.E., MATSON, P.A., SCHINDLER, D.W., SCHLESINGER, W.H. & TILMAN, D.G. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycles: sources and consequences. *Ecol. Appl.* 7(3):737-750.
- WHIGHAM, D.F. 1984. Biomass and nutrient allocation of *Tipularia discolor* (Orchidaceae). *Oikos*. 42:303-313. <http://dx.doi.org/10.2307/3544398>

Recebido em 12/03/2010

Versão reformulada recebida em 04/03/2011

Publicado em 01/04/2011