

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL-MG

VINÍCIUS POLITI DUARTE

**MODIFICAÇÕES ANATÔMICAS E ECOFISIOLÓGICAS DE *Piper aduncum* (L.)
EM DIFERENTES PONTOS DE UMA VOÇOROCA**

**ALFENAS-MG
2015**

VINÍCIUS POLITI DUARTE

**MODIFICAÇÕES ANATÔMICAS E ECOFISIOLÓGICAS DE *Piper aduncum* (L.)
EM DIFERENTES PONTOS DE UMA VOÇOROCA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela
Universidade Federal de Alfenas/UNIFAL-MG.

Orientador: Prof. Dr. Breno Régis Santos
Coorientado: Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza
Colaboradores: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato
Prof. Dr. Marcelo Polo

ALFENAS – MG

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Duarte, Vinícius Politi.

Modificações anatômicas e ecofisiológicas de *Piper aduncum* (L.) em diferentes pontos de uma voçoroca / Vinícius Politi Duarte. -- Alfenas - MG, 2015.

40 f.

Orientador: Breno Régis Santos.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, 2015.

Bibliografia.

1. Pimenta-de-macaco. 2. Remediação ambiental. 3. Fotossíntese.
4. Anatomia vegetal. I. Santos, Breno Régis. II. Título.

CDD-581.4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós-graduação – Ecologia e Tecnologia Ambiental

Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas - MG CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1419 (Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)
www.unifal-mg.edu.br/ppgecoambiental/



VINÍCIUS POLITI DUARTE

“MODIFICAÇÕES ANATÔMICAS E ECOFISIOLÓGICAS DE *PIPER ADCUNCUM*
(L.) EM DIFERENTES PONTOS DE UMA VOÇOROCA.”

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Ecologia e Tecnologia Ambiental pela
Universidade Federal de Alfenas. Área de
Pesquisa: Tecnologia Ambiental.

Aprovado em: 30 de janeiro de 2015.

Prof. Dr. Breno Regis Santos
Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Fabrício José Pereira
Instituição: UFLA

Assinatura: 

Prof. Dr. Marcelo Polo
Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: 

Dedico aos meus pais e ao meu irmão, à Luísa - amor da minha vida, à Andreísa - esposa dedicada e atenciosa, amigos e parentes pelo apoio na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Dr. Breno Régis Santos (orientador), Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza (coorientador), pela dedicação, conhecimentos transmitidos, paciência e confiança depositada na realização deste trabalho.

À Rebeca, minha colaboradora que tanto ajudou na execução do projeto.

À professora Maria José dos Santos Wisniewski pela oportunidade de realizar parte de meu trabalho em seu laboratório.

À técnica Silvia Helena Marteli, representando todos do Laboratório de Plantas Medicinais e Fitoterápicos pelo apoio

À todos os alunos e demais membros do BIOGEN.

Ao Prof. Dr. Marcelo Polo, que tanto me incentivou nessa caminhada.

Ao senhor Antônio de Ávila Souza pelo direito de uso de suas terras para a realização deste trabalho.

Às agências de fomento: CNPq, CAPES e FAPEMIG

A todos que, de alguma forma me ajudaram a realizar este trabalho, minha eterna gratidão.

RESUMO

Processos como a urbanização não controlada e expansão da agricultura, promovem a degradação ambiental, e com ela, é cada vez mais comum o surgimento de processos erosivos do tipo voçoroca. Esse processo erosivo é caracterizado por apresentar três regiões (borda, talude e fundo) completamente diferentes do ponto de vista da fertilidade do solo, intensidade luminosa e disponibilidade hídrica. Características essas que podem ser mitigadas com a presença de espécies capazes de se estabelecer naturalmente e tolerar às diversas pressões que uma voçoroca pode exercer. Este trabalho teve por finalidade promover estudos mais detalhados sobre as modificações anatômicas e ecofisiológicas de plantas que se encontram em diferentes pontos de uma voçoroca na cidade de Alfenas-MG e relacionar esses dados com a plasticidade adaptativa e tolerância a condições adversas ao longo do ano. Foram realizadas coletas de dados de trocas gasosas com o auxílio de um analisador portátil de gás por infra vermelho (IRGA) entre janeiro e outubro e posteriormente, foram confeccionadas lâminas de cortes transversal e paradérmico das folhas de *Piper aduncum* para a realização de análise comparativa. Também foram realizadas análises de solo para caracterização e monitoramento do ambiente. A região de borda apresentou as maiores médias para todos os parâmetros de trocas gasosas analisadas (assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, eficiência de carboxilação e eficiência do uso da água), seguidas do fundo e do talude da voçoroca. As alterações referentes à anatomia foliar também apresentaram maiores médias na região da borda, sendo que apenas as espessuras de diâmetro polar foram alteradas significativamente pelo sombreamento. Não foram observadas diferenças para o diâmetro polar de *P. aduncum*. Estes resultados permitem concluir que *Piper aduncum* apresenta boa capacidade de aclimatação tanto em ambientes com maior incidência de luz quanto em ambientes sombreados.

Palavras chave: Pimenta de macaco. Áreas degradadas. Trocas gasosas. Anatomia foliar comparada.

ABSTRACT

Processes such as uncontrolled urbanization and expansion of agriculture, promote environmental degradation, and it is increasingly common the emergence of erosion like gullies. This erosion is characterized by presenting three regions (edge, slope and bottom) different from the soil fertility, light intensity and water availability. These characteristics that can be mitigated with aiding the presence of species able to establish naturally and tolerate several pressures that gully may have. This study aims to promote more detailed studies of the anatomical and ecophysiological changes in plants that are in different situations of a gully at Alfenas-MG and relate these data to the adaptive plasticity and tolerance to adverse conditions throughout the year. Gas exchange data samples were collected with a portable gas analyzer infrared (IRGA) from January to October and later, blades of cross cuts and paradermic of *Piper aduncum* leaves to carry out comparative analysis were made. The study also conducted soil analysis for characterization and environmental monitoring. The region edge showed the highest average for all gas exchange parameters analyzed (net CO₂ assimilation, stomatal conductance, carboxylation efficiency and water use efficiency), followed by the bottom and the slope of the gully. Changes related to leaf anatomy also had higher average in the edge region, and only the polar diameter thicknesses were changed significantly by shading. No statistical differences were observed for the polar diameter of *P. aduncum*. These results indicated that *P. aduncum* shows good ability to acclimatization in both environments with higher incidence of light as in shaded environments.

Key words: Spiked pepper. Degraded areas. Gas exchange. Leaf anatomy compared.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Áreas degradadas – Voçorocas	10
2.2	Família <i>Piperaceae</i>	12
2.2.1	<i>Piper aduncum</i> L.	14
2.3	Plasticidade Anatômica Vegetal	16
2.4	Adaptação Vegetal ao Ambiente	18
	REFERÊNCIAS	20
	ARTIGO – RESPOSTASECOFISIOLÓGICAS DE <i>Piper aduncum</i> (L.) EM VOÇOROCA	25
1	INTRODUÇÃO	26
2	MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1	Área de estudo	28
2.2	Dados climatológicos	28
2.3	Material vegetal	29
2.4	Caracterização do solo	29
2.5	Trocas gasosas	30
2.6	Estatística e análise de dados	31
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1	Dados de solo	31
3.2	Dados climatológicos	32
3.3	Trocas gasosas	33
4	CONCLUSÃO	37
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a ação antropogênica tem alterado o meio em que vivemos pela perda principalmente de habitat com desmatamento e também pela falta de conhecimento e instrução de parte do setor agroindustrial que polui os rios e solos com o despejo de rejeitos sem o devido tratamento. Como consequência do mau uso dos solos, a formação de processos erosivos é cada vez mais evidente e pouco se conhece sobre o comportamento ecofisiológico de populações de plantas que são encontradas naturalmente nessas áreas degradadas.

O intenso processo de urbanização além da expansão da agricultura no Brasil tem contribuído para a perda de variabilidade genética de grande quantidade de espécies vegetais. Dentre elas, pode-se destacar *Piper aduncum* L. que é bem estabelecida em áreas tropicais e é uma espécie prioritária para conservação de germoplasma devido ao seu potencial comercial (POTZERNHEIM et al., 2012).

Trabalhos sobre a plasticidade adaptativa de *Piper aduncum* no campo ainda são escassos e não se conhece a tolerância dessa espécie em diferentes graus de degradação na estrutura interna e na fisiologia de suas folhas. Devido ao grande interesse medicinal e aos indícios de sua tolerância aos diversos tipos de ambientes degradados, são necessários estudos que relatem as possíveis modificações na anatomia de suas folhas, que podem ser relacionados com sua plasticidade e tolerância a condições adversas ao longo do ano.

Poucos estudos são realizados no sentido de relacionar o potencial plástico de *P. aduncum* com o local no qual são encontrados. Dessa forma, a avaliação ecofisiológica da aclimação é fundamental frente ao intenso processo de degradação ambiental, uma vez que estudos ecofisiológicos com espécies nativas que apresentam potencial de exploração econômica biológica, e química, como *P. aduncum*, assumem importância especial no cenário atual de processos sustentáveis de utilização da biodiversidade tendo em vista a necessidade de conservação dos ambientes florestais.

Por isso, se faz necessários estudos mais detalhados sobre o comportamento tanto anatômico como ecofisiológico de plantas que se encontram em áreas degradadas a

fim de esclarecer a dinâmica de crescimento e desenvolvimento de plantas impostas a diferentes graus de degradação para que possa assim, conhecer melhor a espécie, bem como seu potencial para futuros trabalhos.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as modificações anatômicas e as respostas ecofisiológicas de *Piper aduncum* sob diferentes condições de uma voçoroca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será abordada a revisão de literatura de todo o trabalho.

2.1 Áreas Degradadas - Voçorocas

O conceito de área degradada está quase que exclusivamente relacionado ao impacto negativo causado no meio ambiente pela ação antrópica, contudo deve-se ressaltar que é possível relacionar este conceito com os processos e fenômenos naturais que de forma direta ou indireta, também impactam o ambiente.

Essas áreas impactadas podem variar desde compactações do solo, contaminações de águas dentre outras formas, até o surgimento de grandes voçorocas. O manejo inadequado e a superexploração do solo também corrobora para a formação inicialmente de um pequeno sulco e que por um longo período de escoamento de águas nessa região pode dar origem a uma grande cavidade superior a meio metro de altura, paredes laterais íngremes e em geral fundo chato, por onde escoam a água durante as chuvas (CAPORAL, et al 2011).

A voçoroca é um grande processo erosivo e denota um panorama avançado de degradação ambiental (principalmente dos solos), constituindo um dos principais riscos socioambientais do Brasil. As características de solo e o mau uso e ocupação das terras, são fatores que tornam o Sul de Minas Gerais uma área caracterizada pela presença e formação de grandes e inúmeros processos erosivos (MARQUES et al., 2014).

Durante as décadas de 1960 e 1970 o Brasil passou por um intenso processo de desenvolvimento industrial e rural que começou com a expansão das fronteiras agrícolas, avançando primeiramente na direção do cerrado, gerando sobre este bioma, sérios impactos negativos (ALVES, 2007), a voçoroca é um exemplo destes impactos. Posteriormente, a região sul de Minas Gerais passou a apresentar grandes áreas

comprometidas pela degradação do solo devido a este processo erosivo (GOMIDE et al, 2011).

De acordo com Ferreira (2005), os solos do Sul de Minas Gerais, além do histórico de uso e manejo inadequados, possuem, geralmente, horizontes A e B rasos e uma grande camada de horizonte C, condições essas que favorecem a ocorrência de grande quantidade de voçorocas na região, diminuindo a capacidade produtiva dos solos.

Ainda segundo Gomide et al., (2011), as atividades de mineração contribuíram significadamente para o surgimento de cerca um terço das voçorocas na região de Lavras e Ijaci, as quais pertencem à mesma região de Alfenas - MG; da qual os Cambissolos são os mais impactados por esse tipo de degradação.

Assim, as voçorocas podem ser conceituadas como resultado da conjugação de processos erosivos e que por sua vez, é desencadeado por uma série de eventos, sendo eles: fatores hidrológicos, as propriedades físicas do solo e a ação antrópica. Desse modo, a voçoroca pode ser definida como uma incisão que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano, secção transversal em “U” e profundidade superior a 1,5 m, apresentando largura e comprimento superiores a 3m (MAGALHÃES et al., 2012).

Dentre as formas de erosão, a voçoroca é a que causa consequências mais graves à população em termos de perda de área utilizável, além de prejuízos ambientais. Produtores rurais perdem extensas áreas devido a esse fenômeno erosivo. As causas com que a erosão pode chegar a esse estágio avançado são naturais, mas a ação do homem pode acelerar o processo. Fatores como o relevo acidentado, chuvas concentradas em poucos meses do ano, características do solo, como: textura e consistência friável tendem a aumentar a susceptibilidade do solo à erosão (REZENDE et al., 2011).

Para as áreas atingidas pela erosão, a disponibilidade de água e a produção de biomassa são restritas e, como resultado, a capacidade de carga dos ecossistemas é ultrapassado rapidamente pela exploração humana dos recursos naturais, especialmente nos países subdesenvolvidos, com expansão demográfica rápida e técnicas de exploração deficientes (KASSAS, 1995).

Para Frankl et al., (2013), voçorocas são conhecidas como um processo de erosão chave em que há degradação do solo em ambientes de terras secas, sendo que este processo erosivo pode contribuir com até até 80% da produção total de sedimentos em zonas áridas (POESEN et al., 2002).

De acordo com Frankl et al., (2013), os cientistas precisam antever os efeitos das mudanças de uso da terra, para a construção de infraestrutura e urbanização nas voçorocas. Sem essas projeções, os desenvolvimentos futuros que tanto necessitam a região de estudo podem ser insustentáveis e produzir custos muito mais elevados do que o inicialmente estimado. Além disso, as perdas de solo podem aumentar, colocando em risco a produção agrícola (POESEN et al., 2003).

Assim, trabalhos que busquem a caracterização de espécies tolerantes às áreas de degradação do tipo voçoroca é uma alternativa promissora para a recuperação dos solos, uma vez que o conhecimento da plasticidade e a aclimação dessas espécies estabelecidas sob diferentes pressões as quais são encontradas nos processos erosivos podem ser peças chave para futuros projetos de reestabelecimento de áreas degradadas.

2.2 Família Piperaceae

A família Piperaceae é tida como uma das mais primitivas dentre as Angiospermas, podendo ser considerada como um "fóssil vegetal". As piperáceas se dividem em mais de cinco gêneros possivelmente encontrados em regiões subtropicais e tropicais incluindo a região Amazônica. Dentro desta família, o gênero *Piper* pode ser considerado o de maior importância, tanto do ponto de vista científico quanto econômico (FAZOLIN et al., 2006).

A posição filogenética da família Piperaceae está entre um conjunto diversificado de dicotiledôneas denominado "paleoervas" e às plantas que se assemelham às monocotiledôneas, em certas características vegetativas, por exemplo, estípula adaxial e feixes vasculares dispersos (JARAMILLO; MANOS, 2001).

A família Piperaceae é originalmente da área tropical da Índia e é composta por aproximadamente 2515 espécies, das quais *Piper* e *Peperomia* são os gêneros mais

importantes. Tradicionalmente, muitas espécies do gênero *Piper* têm sido utilizados como especiarias, fitoterápicos e agentes de controle de pragas (PARRA et al., 2013). Seu uso também está relacionado com o tratamento de ansiedade e epilepsia, Os extratos de *Piper* também são conhecidos nas práticas farmacêuticas asiáticas pela sua atividade anti-bacteriana e por consequência atuam na redução da febre (SCOTT et al., 2008).

O gênero *Piper* caracteriza-se pelo uso na medicina popular, pela importância econômica e comercial devido à produção de óleos essenciais utilizados pela indústria de condimentos, pela indústria farmacêutica e também de inseticidas. Dentre as espécies com tal característica estão *P. crassinervium* H.B. & K., conhecida como jaborandi, *P. aduncum* L. (pimenta-de-macaco), *P. nigrum* (pimenta-do-reino), entre outras (GOGOSZ et al., 2012).

Ainda sobre suas sinonímias, vários nomes genéricos são incluídos como sinônimos dentro do gênero *Piper*, por exemplo, *Arctotonia* Trel., *Macropiper* Miq., *Pothomorphe* Miq., *Ottonia* Spreng., e *Trianaeopiper* Trel. (WANKE et al., 2007).

A família compreende ervas, arbustos e arvoretas, podendo ser epífitas ou lianas e normalmente apresentam células com óleos essenciais. O caule é articulado e nodoso, as folhas são inteiras, dorsiventrais, alternas, raramente opostas ou verticiladas, pecioladas com estípulas (GOGOSZ, 2012). No Brasil, foram catalogados cinco gêneros, e um total aproximado de 460 espécies (BARROSO, 2002; SOUZA, LORENZI, 2012), muitas delas extremamente comuns na Mata Atlântica, onde ocorrem em abundância e diversidade.

Nesse sentido, *Piper* têm muitos compostos fitoquímicos promissores para tal atividade. Os compostos secundários das plantas desse gênero têm vários modos de ação, incluindo a toxicidade de contato e sinergismo, além de atividade repelente e antialimentar (SCOTT et al., 2008).

Estudos recentes mostram como espécies de Piperaceae têm sido utilizadas em diferentes trabalhos como o de MALAMI; GIBBSON; MALKINSON (2014), concluem que *Piper multiplinervium* possui grande potencial anti bacteriano para *Gran positivas* e *Gran negativas*. Kanis et al., (2013) demonstraram também atividade larvicida contra *Aedes aegypti*.

Desse modo, estudos já começam a ser desenvolvidos relatando a importância de *Piper aduncum* em ambientes de alta luminosidade e demonstrando que espécies de Piperaceae dominaram locais de regeneração natural (CUSACK, MONTAGNINI 2004). Os resultados de Rocha et al., (2005) corroboram os trabalhos anteriores pois os autores afirmam que a espécie pode ser classificada ecofisiologicamente como planta pioneira devido a sua ocorrência em campos e barrancos abertos com alta incidência de luz solar.

2.2.1 *Piper Aduncum* L.

Piper aduncum é comumente conhecido no Brasil como aperta-ruão e pimenta de macaco ou pimenta cravado, sendo utilizada na medicina ocidental tradicional como digestivo e contra a gripe, dores de estômago, úlceras crônicas e também como repelente de insetos (POTZERNHEIM et al., 2012).

A *Piper aduncum* pode ser encontrada desde o nível do mar até elevadas altitudes. Sua distribuição geográfica se dá na América Central, Antilhas e América do Sul, sendo que no Brasil é encontrada nos estados do Acre, Pará, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (FAZOLIN et al., 2006).

Essa espécie possui porte arbustivo, medindo cerca de 2,0 metros de altura e caule com 3,5 cm de diâmetro, frequentemente encontradas nas bordas de matas de galeria, em locais perturbados e úmidos, predominantemente é considerada como espécie pioneira (POTZERNHEIM et al., 2012).

As folhas podem ser elípticas ou lanceoladas, com base redonda, ásperas na face adaxial e pubescentes nas faces abaxial e adaxial. As espigas que podem chegar até 15 cm de comprimento são regularmente curvadas, com pedúnculos curtos (MACIEL; 2012) (Figura 1).



Figura 1- *Piper aduncum*.

Nota: A e B. Aspecto de folhas e espigas da área de estudo- Alfenas-MG.

Fonte: Do autor.

Em seu trabalho, Dousseau et al., (2014) descreveram as características anatômicas de *Piper aduncum* com epiderme superior composta por células de tamanho e formas variadas, além de não apresentarem estômatos em sua maioria. Apresenta cutícula delgada e muitos pelos tectores e glandulares. Logo abaixo da epiderme superior, principalmente na região da nervura central, observa-se a presença de hipoderme dupla. À medida em que se afasta da nervura central, essa epiderme passa a ser simples. O mesofilo é heterogêneo e pode apresentar parênquima paliçádico medindo cerca de 1/3 do comprimento total dessa região. O parênquima esponjoso é formado de 4 a 5 camadas de células contendo grande quantidade de amido e cristais de oxalato de cálcio. A epiderme abaxial também apresenta cutícula fina e grande quantidade de pelos tectores e glandulares com a diferença de apresentarem numerosos estômatos anomocíticos ou tetracíticos que se distribuem de maneira irregular.

Os estômatos são encontrados majoritariamente na epiderme abaxial e são classificados como tetracíticos (envolvidos por um número variável de células que não diferem em formato e tamanho das demais células epidérmicas) e tetracíticos (envolvidos por quatro células subsidiárias) que se distribuem de maneira regular com as bases dos pelos tectores (DOUSSEAU et al., 2014).

Em *P. aduncum*, pode-se encontrar uma variedade de arranjos anatômicos em diferentes porções da nervura central. Ao nível da base foliar, encontram-se seis feixes

vasculares colaterais abertos envolvidos por parênquima fundamental. No terço inferior da folha há uma diminuição do número de feixes para três, enquanto no terço médio é possível a observação de apenas dois feixes vasculares. Por fim, um único feixe vascular colateral é encontrado no ápice foliar.

Quando se trata de produtos naturais capazes de controlar pragas, tem sido cada vez maior a procura e demanda pelo mercado. Ao longo dos últimos anos, houve aumento no número de pesquisas com o objetivo de encontrar espécies capazes de produzir inseticidas botânicos que supram essa demanda. Recentemente, vários estudos têm demonstrado que as plantas da família das piperáceas possuem propriedades inseticidas (MISNI et al., 2009).

O uso medicinal de *Piper aduncum* tem se mostrado de grande importância, uma vez que suas propriedades são relevantes em pesquisas envolvendo doenças ginecológicas e distúrbios intestinais (VAN DEN BERG, 2010), como diurético, antiblenorrágico, carminativo, excitante digestivo, para males do fígado, no combate a erisipela e tratamento de úlceras crônicas (COIMBRA, 1994).

Orjala et al., (1993, 1994) demonstraram que os extratos das folhas de *P. aduncum* apresentam atividades moluscicida, citotóxica e antibacteriana. O óleo essencial dessa espécie é rico em dilapiol (31,5 a 91,1%). Este composto foi testado e comprovou ser o responsável pelas atividades fungicida, larvicida, inseticida e moluscicida, citadas acima (SOUSA et al., 2008). *P. aduncum* também possui importante papel ecológico, sendo uma das principais fontes de alimentação de morcegos nativos da região sul do Brasil (RUI, 2002).

2.3 Plasticidade Anatômica Vegetal

A sobrevivência e perpetuação de muitas espécies vegetais ao ambiente pode ser explicada pela plasticidade fenotípica e pela adaptação local. A plasticidade fenotípica é o processo que determinada espécie é capaz de produzir diferentes fenótipos em resposta às condições adversas do meio. Essas respostas plásticas podem ser verificadas

do ponto de vista fisiológico, anatômico e morfológico, possivelmente para compensar o efeito negativo do estresse (GANIE, et al., 2014)

Nesse sentido, o estudo da anatomia foliar é de grande importância para a avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Estes resultados auxiliam nos estudos do balanço hídrico e da capacidade fotossintética (BASTOS et al., 2002).

Segundo Raven, Evert, Eichhorn (2007), as folhas variam muito em forma e estrutura interna, no entanto, consistem geralmente em uma porção expandida chamada lâmina foliar e uma porção pedunculada chamada de pecíolo. Tais variações estruturais são em grande parte relacionada com o habitat, e a disponibilidade de água é um fator importante que afeta sua forma e estrutura.

As características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas podem sofrer mudanças quando geram mecanismos de tolerância às condições ambientais. Essas adaptações são resultados das relações dos organismos com o seu ambiente e das características do genótipo dos indivíduos (PEREIRA et al., 2011; MARQUES et al., 2011).

Descrições de alterações anatômicas foliares, ocasionadas por fatores ambientais, como a intensidade luminosa, temperatura e disponibilidade hídrica são fundamentais para o entendimento do mecanismo de plasticidade fenotípica. De acordo com Matsuda, Ozawa e Fujiwara (2014), a luz pode promover efeitos substanciais no desenvolvimento das plantas e no tamanho e na espessura das folhas. Em geral, as folhas que se desenvolvem sob alta intensidade luminosa, são menores e mais espessas do que aquelas que permanecem sob baixa intensidade luminosa.

Assim, Piperaceae têm um importante interesse anatômico, devido à presença de sistema vascular com feixes dispersos, semelhante ao encontrado nas monocotiledôneas. No entanto, a família difere das monocotiledôneas devido ao crescimento em espessura ocorrer por meio da atividade cambial, como é típico em eucotiledôneas (GOGOSZ et al., 2012).

As folhas de modo geral, apresentam basicamente três sistemas, são eles: sistema dérmico, que origina a epiderme; o sistema fundamental, originando o mesofilo e o sistema vascular, que origina os tecidos vasculares (APEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2009).

A lâmina foliar é composta por duas superfícies: superior (ou adaxial) e inferior (ou abaxial). Estas superfícies são constituídas de uma camada de células compactas chamadas de epiderme que frequentemente podem se subdividir. Ainda na epiderme, é possível encontrar os estômatos, células especializadas nas trocas gasosas e seu arranjo também pode variar (MENEZES et al., 2003).

O mesofilo é a região foliar entre as epidermes e compreende os tecidos fundamental e vascular, sendo formado basicamente por parênquima clorofiliano. O mesofilo pode ser uniforme ou se diferenciar em parênquima paliçádico e parênquima lacunoso (MENEZES et al., 2003).

Desta forma, a plasticidade anatômica vegetal está relacionada com as alterações na anatomia da folha por constituir aspectos decisivos na capacidade de aclimação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente (SCHLUTER et al., 2003).

2.4 Adaptação Vegetal ao Ambiente

O potencial para que uma determinada espécie se adapte às condições ambientais extremas, provavelmente, está relacionado com o padrão de variabilidade ambiental presente em seu habitat. Plantas de áreas abertas têm sido descritas para responder plasticamente às adaptações de maneira rápida às alterações nas condições ambientais, tais como temperatura e irradiância (PORTES et al., 2010).

De acordo com Portes et al., (2010), a disponibilidade de luz afeta as estratégias de vida de espécies pioneiras e tardias de sucessão vegetal. Por isso, a plasticidade fenotípica é um mecanismo adaptativo essencial para a sobrevivência em ambientes heterogêneos e áreas degradadas. Nesse sentido, a plasticidade fenotípica é definida como uma propriedade de genótipos individuais para produzir diferentes fenótipos quando expostas a diferentes condições ambientais. A aclimação é, portanto, considerada como um processo mediante o qual a plasticidade é expressada (PIGLIUCCI, 2001).

Assim, o estudo do mecanismo fotossintético nas relações de trocas gasosas é um campo promissor e fundamental da ecofisiologia vegetal e que possibilita analisar a

dinâmica da interação planta-ambiente. O acentuado avanço tecnológico nas últimas décadas possibilitou a criação de instrumentos fundamentais para a obtenção de respostas fotossintéticas e bioquímicas para a ecofisiologia. Dentre esses instrumentos, os analisadores de gases por infravermelho (IRGAs) e os fluorômetros se destacam pelo fato de possibilitarem a estimação e as oscilações prontamente do aparato fotossintético sob condições tanto de laboratório, quanto às de campo (PORTES, 2010).

Em estudo recente, Li et al., (2013) observaram os efeitos do cádmio sobre a germinação, crescimento e fotossíntese de plântulas de soja; Pereira et al., (2013) estudaram a fotossíntese por meio das limitações estomáticas e não estomáticas e Niinemets, Keenan (2014) mostram a aplicação desses instrumentos para o desenvolvimento das pesquisas em ecofisiologia e as relações das respostas fisiológicas com o meio em que as espécies habitam.

Vale ressaltar que as respostas das plantas ao estresse observado em condições de campo são, em geral, muito mais complexas do que as medidas em condições controladas, uma vez que outros fatores também podem interferir durante a realização do experimento.

Um dos fatores mais importantes que afetam a sobrevivência da planta - a intensidade de luz, é diferente entre os diferentes locais de áreas degradadas. Entender como as plantas respondem fisiologicamente e anatomicamente às diferentes condições de luz pode ser útil para explicar a sua ocorrência e padrões de abundância em condições ambientais específicas (YANG et al., 2014).

REFERÊNCIAS

ALVES, R. R. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimentos de uma voçoroca:** estudo de caso na Fazenda Glória na zona rural de Uberlândia (MG). 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 438p.

BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 309 p.

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticatal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

CAPORAL, A. G. et al. Revegetação espontânea de voçoroca na região de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v. 38, n. 2, p. 289-306, 2011.

COIMBRA, R. **Manual de fitoterapia**. 2 ed. Belém: CEJUP. 1994. 335 p.

CUSACK, D.; MONTAGNINI F. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 188, p. 1-15, 2004.

DOUSSEAU, et al., Caracterización del limbo de *Piper aduncum* L. (Piperaceae): Análisis estructurales, histoquímicos y de sus aceites esenciales. **Gayana Botánica**, v. 71, n. 1, p.147-162, 2014.

FAZOLIN, M. et al. Potencialidades da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006, 53 p.

FERREIRA, V. M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG:** origem, uso da terra e atributos do solo. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2005.

FRANKL, A. et al, Quantifying long-term changes in gully networks and volumes in dryland environments: The case of Northern Ethiopia. **Geomorphology**, v. 201, n. 1, p. 254-263, 2013.

GAINÉ, A. H. et al. Phenotypic plasticity: Cause of the successful spread of the genus *Potamogeton* in the Kashmir Himalaya. **Aquatic Botany**, v. 120, n. 1, p. 283-289, 2014.

GOGOSZ, A. M. et al. Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero *Piper* (Piperaceae). **Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. v. 63, n. 2, p. 405-417, 2012.

GOMIDE P. H. O. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras – MG. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2 p. 567-577, 2011.

JARAMILLO, M. A.; MANOS, P. S. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 88, n. 4, p. 706-716, 2001.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 2. ed. New York: Mc-Graw-Hill. 1940. 300 p.

KANIS, L. A. et al. Standardized extract of *Piper ovatum* (Piperaceae) to control *Aedes aegypti* larvae (Diptera: Culicidae). **Industrial Crops and Products**, v. 50, n. 1, p. 816-820, 2013.

KASSAS, M. Desertification: a general review. **Journal of Arid Environments**, v.30, n. 2, p. 115–128, jun. 1995.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Seropédica, 1997. 221 p.

LI, Q. et al. Combined effects of cadmium and fluoranthene on germination, growth and photosynthesis of soybean seedlings. **Journal of Environmental Sciences**, v. 25, n. 9, p. 1936-1946, 2013.

MACIEL, S. A. **Anatomia foliar de pimenta longa e pimenta de macaco em diferentes condições de cultivo**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Acre, UFAC, Rio Branco, 2012.

MAGALHÃES, R. C. et al. Monitoramento e caracterização de duas voçorocas no bairro vila buriti, Manaus (AM). **Geonorte**, v. 1, n. 6, p. 84-100, 2012.

MALAMI, I.; GIBBONS, S.; MALKINSON, J. P. Synthesis and antibacterial evaluation of 3-Farnesyl-2-hydroxybenzoic acid from Piper multiplinervium. **Fitoterapia**, v. 93, n. 1, p. 189-193, 2014.

MARQUES, T. C. L. L. S. M. et al. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 997-1006, 2011.

MARQUES, T. E. D. et al. Crescimento de espécies nativas de cerrado e de *vetiveria zizanioides* em processos de revegetação de voçorocas. **Ciência Florestal**, Santa Maria-MG, v. 24, n. 4, p. 843-856, 2014.

MATSUDA, R.; OZAWA, N.; FUJIWARA, K. Leaf photosynthesis, plant growth, and carbohydrate accumulation of tomato under different photoperiods and diurnal temperature differences. **Scientia Horticulturae**, v. 170, n. 1, p. 150-158, 2014.

MENEZES, N. L. de; SILVA, D. da C.; PINNA, G. F. de A. M. de. Folha. In: *APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Ed). Anatomia vegetal*. Viçosa: UFV, 2009. p. 303-325.

MISNI et al. Repellency of Essential Oil of *Piper aduncum* Against *Aedes albopictus* in the Laboratory. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 25, n. 4, p. 442-447, 2009.

NIINEMETS, U.; KEENAN, T. Photosynthetic responses to stress in Mediterranean evergreens: Mechanisms and models. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n. 1, p. 24-41, 2014.

ORJALA, J. et al. Two chromenes and prenylated benzoic-acid derivative from *Piper aduncum*. **Phytochemistry**, v. 34, n. 3 p. 813-818, 1993.

ORJALA J. et al. Cytotoxic and antibacterial dinydrochalcones from *Piper aduncum*. **Journal of Natural Products**, v. 57, n. 1, p. 18-26, 1994.

PARRA et al. A new benzoic acid derivative isolated from *Piper cf. cumanense* Kunth (Piperaceae). **Phytochemistry Letters**, v. 6, n. 4, p. 590-592, 2013.

PEREIRA, F. J. et al. Mecanismos anatômicos e fisiológicos de plantas de aguapé para a tolerância à contaminação por arsênio. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 259-267, 2011.

PEREIRA, E. G. et al. Iron excess affects rice photosynthesis through stomatal and non-stomatal limitations. **Plant Science**, v. 201, n.1, p. 81-92, 2013.

PERIYANAYAGAM, K. et al. Pharmacognostical and Phyto-physicochemical profile of the leaves of *Piper betle* L. var *Pachaikodi* (Piperaceae) - Valuable assessment of its quality. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 2, p. 506-510, 2012.

PIGLIUCCI, M. Phenotypic Plasticity. In *FOX, C. W., ROFF, D. A. and Fairbairn, D. J. (Eds.). Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. Oxford: University Press. p. 58-69, 2001.

POESEN, J. et al. Gully erosion in dryland environments. In: *Bull, L. J., Kirkby, M.J. (Eds.), Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels*. Wiley, Chichester, p. 229–262, 2002.

POESEN, J. et al., Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50 n. 2-4 p. 91-133, 2003.

PORTES, M. T. et al. Evidence of higher photosynthetic plasticity in the early successional *Guazuma ulmifolia* Lam. compared to the late successional *Hymenaea courbaril* L. grown in contrasting light environments. **Brazilian Journal of. Biology**, v. 70, n. 1, p. 75-83, fev. 2010.

POTZERNHEIM, M. C. L. et al. Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of *Piper aduncum* L. from Distrito Federal, Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 42, n. 1, p. 25–31, 2012.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REZENDE, W.S. et al. Recuperação de voçorocas na zona rural de Mineiros (GO): financiamento viável e ambientalmente sustentável. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 2, p. 64-81, 2011.

RUI, A. M. **Ecologia de morcegos filostomídeos em Floresta Atlântica no Extremo Sul do Brasil**. 2002. 65 f. Dissertação (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://www.pgecl.unb.br/images/sampled/ arquivos/teses/2000a2010/2002/Ana%20Maria%20Rul.PDF>>. Acesso em 12 maio 2014.

SCHLUTER, U. et al. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.

SCOTT, I. M. et al. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. **Phytochemistry Reviews**, v. 7, n. 1, p. 65-75, 2008.

SOUSA, P. J. C. et al. Avaliação toxicológica do óleo essencial de *Piper aduncum* L. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 2, p. 217-221, 2008.

SOUZA, V.C., LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias da Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGIII**. 3. ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 768 p. 2012.

VAN DEN BERG, M. E. 2010. **Plantas medicinais na Amazônia Contribuição ao seu conhecimento sistemático**. 3 ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 268P.

WANKE, S. et al. Evolution of *Piperales*-matK gene and *trnK* intron sequence data reveal lineage specific resolution contrast. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 42, n. 2, p. 477–497, 2007.

YANG et al. Strong leaf morphological, anatomical, and physiological responses of a subtropical woody bamboo (*Sinarundinaria nitida*) to contrasting light environments. **Plant Ecology**, v. 215, n. 1, p. 97-109, 2014.

ARTIGO - RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Piper aduncum* (L.) EM VOÇOROCA

Artigo submetido segundo as normas da Revista Cerne

RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Piper aduncum* (L.) EM VOÇOROCA

Vinícius Politi Duarte¹, Thiago Corrêa de Souza², Rebeca Prado Guimarães², Marina de Lima Nogueira² e Breno Régis Santos^{2, 3}

¹ Universidade Federal de Alfenas, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Alfenas, MG, Brasil – viniciuspoliti@hotmail.com, rebeca.pguimaraes@yahoo.com.br, malima_nogueira@hotmail.com.

² Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Alfenas, MG, Brasil - thiagonepre@hotmail.com

³ Autor para correspondência: brenors@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo elucidar os padrões da plasticidade adaptativa da *Piper aduncum* por meio de análises ecofisiológicas. Foram avaliadas respostas de trocas gasosas em populações de plantas encontradas naturalmente em diferentes pontos de uma voçoroca. A taxa média das máximas de assimilação líquida de CO₂ foi de 11,16 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ nas plantas encontradas na região de borda, diferente da região do talude e fundo que apresentaram respectivamente as médias 3,47 e 5,69 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente. Enquanto que o maior índice de eficiência do uso da água (5,89 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$) foi encontrado no mês de agosto devido às menores taxas de condutância estomática a qual está associada à menor taxa de transpiração. A maior taxa de eficiência de carboxilação foi observada no mês de abril com 0,038 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$. A espécie *Piper aduncum* se mostrou aclimatada aos diferentes ambientes da voçoroca,

principalmente pela eficiência de carboxilação, o que propicia a formação de fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento da mesma.

Palavras-chave: Pimenta-de-macaco, trocas gasosas, plasticidade ecofisiológica.

ECOPHYSIOLOGICAL RESPONSES OF *Piper aduncum* (L.) IN GULLY

ABSTRACT: The aim of this study was to elucidate the patterns of adaptive plasticity of *Piper aduncum* through several ecophysiological analysis. Responses from gas exchange were evaluated in plant populations found naturally in different parts of a gully. The average rate on maximum net CO₂ assimilation were 11,16 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in plants found in the border region, different from the slope region and the deep region respectively showed the average 3,42 and 5,69 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. While the greater water use efficiency (5,89 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$) was found in August due to lower rates of stomatal conductance associated with lower transpiration rate. Most carboxylation efficiency rate was observed in April with 0,038 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$. *Piper aduncum* proved acclimatized to the different environments of the gully, mainly by carboxylation efficiency, which facilitates the formation of assimilates to the growth and development of the same.

Key words: Spiked pepper, gas exchange, ecophysiological plasticity.

1 INTRODUÇÃO

Muitas espécies de plantas têm por característica tolerar mudanças no meio em que estão inseridas, essa tolerância pode ser comprovada por meio da observação do seu comportamento ecofisiológico. A *Piper aduncum* (L) é uma espécie que se adequa a diferentes tipos de ambiente, e pode ser encontrada crescendo naturalmente em ambientes degradados com processos erosivos do tipo voçoroca.

O estudo da ecofisiologia em função fatores ambientais como a intensidade luminosa, disponibilidade hídrica e temperatura são fundamentais para o entendimento do mecanismo de plasticidade adaptativa, além da compreensão de como as plantas se comportam em diferentes estágios de degradação (MARTINS e RODRIGUES, 2002).

De acordo com Matsuda et al., (2014), a luz pode promover efeitos substanciais no desenvolvimento das plantas, no tamanho e na espessura das folhas. Em geral, as folhas que se desenvolvem sob alta intensidade luminosa, são menores e mais espessas do que aquelas que permanecem sob baixa intensidade luminosa (FENG e KLEUNEN, 2014), isto interfere diretamente na resposta ecofisiológica das plantas, alterando seus padrões de assimilação de carbono.

Com a falta de disponibilidade hídrica e a variação da irradiância luminosa devido ao sombreamento, o desenvolvimento da planta pode estar ameaçado em seu habitat e, para se adaptar à variação desses recursos, a planta responde às essas pressões ambientais (DANIELS et al., 2013). Além do sombreamento natural que algumas espécies exercem sobre as outras, as paredes verticais das voçorocas promovem diferentes intensidades luminosas dentro desse ambiente, este fato também está relacionado com a necessidade das plantas se adaptarem.

Ainda que trabalhos envolvendo plantas que apresentam boa adaptação à variação ambiental tenham sido utilizados historicamente de forma incisiva na mitigação e recuperação de impactos ambientais antrópicos (VALCARCEL, SILVA, 1997 e VALCARCEL, D'ALTÉRIO, 1998; SOUZA et al., 2006; SANTOS et al., 2012), poucos são os estudos encontrados na literatura que associam as características ecofisiológicas com a adaptação em ambientes altamente impactados, como as voçorocas.

Nesse sentido, a vegetação encontrada nesses ambientes tem efeitos benéficos no controle de voçorocas, o que resulta em uma maior estabilidade das paredes laterais as

quais formam um barranco íngreme e a interceptação dos sedimentos carreados pela enxurrada por meio dos sulcos (DONG, Y. et al, 2014).

Assim, o estudo de plantas capazes de tolerar ambientes hostis como as voçorocas torna-se importante à medida que é crescente a preocupação em recuperar áreas degradadas. Devido à escassez de estudos envolvendo a ecofisiologia de populações naturais encontradas em voçorocas, neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos das diferentes condições ambientais que influenciam as respostas ecofisiológicas de *Piper aduncum* encontrada em diferentes locais dentro de uma mesma voçoroca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento foi realizado entre janeiro e outubro de 2013 em uma voçoroca situada no município de Alfenas – MG e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 21°20'16,11" latitude Sul, 45°55'37,37" latitude Oeste, com altitude de 830m e 3,36 ha de extensão. Foi padronizado três regiões na voçoroca, sendo elas: região de borda, talude (meio) e fundo, perfazendo três ambientes diferentes de avaliação.

2.2 Dados climatológicos

Para a caracterização ambiental, foram coletados os dados climatológicos de precipitação pluvial, temperaturas do ar máxima, média e mínima ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$), umidade

relativa do ar (%) e radiação solar acumulada (dada em MJ dia⁻¹, e chamada de “PAR”) os quais foram obtidos na estação meteorológica localizada na cidade de Machado-MG, próxima à área experimental.

2.3 Material vegetal

O material vegetal analisado foi uma população natural de *Piper aduncum* (L.) encontrada tanto na borda quanto no interior de uma voçoroca, da qual foram confeccionadas exsicatas com amostras representativas do material vegetal fértil, as quais foram identificadas e depositadas no Herbário UALF (Herbário da Universidade Federal de Alfenas) sob número UALF 2446.

2.4 Caracterização do Solo

Para a caracterização e monitoramento dos três diferentes pontos de estudo da voçoroca (borda, talude e fundo), foram coletadas amostras de solo e realizados testes físico-químicos nos meses de março, julho e outubro, visando caracterizar o perfil da região estudada (Tabela 1).

Tabela 1- Resultados caracterização do solo na voçoroca.

Table 1 - Results characterization of soil in the gully.

	pH	M.O.	P _{resina}	Al	Al+H	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g/dm ³					mmolc/dm ³				%			mg/dm ³			
Março																	
Borda	4,4	38	5	2	38	0,8	10	2	12,8	50,8	25	5	0,19	1,1	80	3,9	0,3
Meio	5,1	12	1	0	18	0,2	1	1	2,2	20,2	11	4	0,15	0,3	6	4,1	0,3
Fundo	4,5	19	1	1	23	0,3	1	1	2,3	25,3	9	2	0,13	0,1	8	0,5	0
Julho																	
	pH	M.O.	P _{resina}	Al	Al+H	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g/dm ³					mmolc/dm ³				%			mg/dm ³			
Julho																	
Borda	4,7	29,6	10,6	1	36	2	20,7	5,7	28,4	64,4	44,1	4,1	0,2	1,1	51	7,9	1
Meio	4,5	19,2	6,2	1,1	28	2,1	3,8	2,6	8,6	36,5	23,6	4,3	0,3	0,3	11,7	1	0,3
Fundo	4,6	13,3	6,1	0,5	22	1,5	4	3,2	8,8	30,8	28,7	5,4	0,2	0,2	9,2	1,4	0,1
Outubro																	
	pH	M.O.	P _{resina}	Al	Al+H	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g/dm ³					mmolc/dm ³				%			mg/dm ³			
Outubro																	
Borda	4,6	28,2	8,1	1,2	28	0,9	12,3	4,5	17,8	45,8	38,8	2,3	0,2	0,8	33	4,4	0,4
Meio	4,5	21,9	5,7	0,5	26	2,4	3,7	2,4	8,6	34,6	24,8	2,5	0,2	0,2	12,1	1	0,1
Fundo	4,9	15,8	6,7	0,3	20	1,5	9	4,7	15,2	35,2	46,3	5,7	0,2	0,2	15,4	1,4	0,3

Com base nos resultados observados na Tabela 1, a caracterização do solo segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS-EMBRAPA, 2006), o tipo de solo encontrado na borda da voçoroca é Franco-argiloso, enquanto o meio do talude e o fundo da voçoroca são caracterizados como Argilosos.

2.5 Trocas gasosas

Durante a condução do experimento foram realizadas coletas de dados eco fisiológicos mensais de janeiro a outubro com auxílio de um analisador de gases por infra-vermelho portátil (IRGA, Modelo LI-6400XT, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA). Todas as medições foram realizadas no período da manhã entre 8:00h e 10:30h, no terço médio da região central das folhas completamente expandidas, com boas condições fitossanitárias e totalmente expostas à radiação solar. As medições foram realizadas em uma área de 6 cm² de folha. A densidade do fluxo de fótons

fotossinteticamente ativos (DFFFA) foi de $800 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e a temperatura controlada em 28°C . Os parâmetros avaliados foram a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), condutância estomática (gs), a eficiência de carboxilação (A/Ci) e a eficiência do uso da água (A/E).

2.6 Estatística e análise de dados

Para os estudos de trocas gasosas, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com três situações de campo (borda, talude e interior da voçoroca) com seis plantas cada, sendo realizado duas leituras por planta o que caracterizou 12 repetições por situação.

Para os estudos de trocas gasosas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as variáveis que não atenderam às pressuposições de normalidade e/ou homogeneidade dos resíduos, sofreram transformação por meio da raiz quadrada.

Para comparar as médias mensais de trocas gasosas foi aplicado o teste de Scott-Knott e ajustado modelos de regressão, quando possível. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico R versão 3.0.2, conforme R Development Core Team (2013), sendo adotado, para todos os testes, o nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados de solo:

Em relação às características do solo observadas na voçoroca, pode-se constatar que o pH se apresenta ácido nas três situações e que a fertilidade do solo decresce drasticamente a partir da borda em comparação com os solos do talude e do fundo (Tabela 1). O mesmo é observado em relação à matéria orgânica (M.O.), os teores da soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e percentagem de saturação por bases (V%) que apresentaram dados inferiores nos solos de talude e do fundo em relação ao solo da borda. Peter et al., (2014) também verificaram que em áreas degradadas menos preservadas, a fertilidade dos solos tende a ser menor quando comparada à áreas mais preservadas. Esses dados podem ser explicados pela progressiva diminuição da vegetação, a qual exerce papel fundamental na ciclagem e manutenção dos nutrientes do solo.

3.2 Dados climatológicos:

Quanto às variações temporais dos dados climatológicos, observa-se que a radiação solar acumulada (PAR) teve um aumento nos primeiros meses, seguido de uma queda entre os meses de abril a junho e novamente aumento nos meses subsequentes (Figura. 1a), esta oscilação está relacionada com as características de insolação das estações do ano durante a condução do experimento. Com relação à temperatura, foi observado ligeiro aumento nos meses iniciais e posteriormente diminuição desses valores até uma retomada crescente a partir de agosto (Figura 1b), este fato também é explicado pela sazonalidade já esperada na região. Consequentemente, a redução da umidade relativa do ar em alguns meses pode ser explicada pela combinação da diminuição da precipitação e aumento da radiação solar acumulada, fato observado nos meses de maio e agosto (XIAO et al., 2013) na Figura 1c.



Figura 1- Radiação solar acumulada (a), temperatura média do ar (b) e umidade relativa do ar (c) registradas durante os meses das avaliações de trocas gasosas, em *Piper aduncum* (L.) sob as condições de campo (Alfenas, MG, 2013).

Figure 1- Accumulated solar radiation (a), average air temperature (b) and relative humidity (c) registered during the evaluations of gas exchange in *Piper aduncum* (L.) under field conditions (Alfenas, MG, 2013).

3.3 Trocas gasosas:

De modo geral, foi observado maiores taxas de assimilação líquida de CO₂ nos primeiros meses do ano, precedidas das menores taxas nos meses intermediários e, um aumento no final do experimento (Tabela 2). Comparando-se as três regiões da voçoroca, nota-se que a borda apresentou a maior média (8,85 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $p < 0,05$). Hu et al., (2006) trabalhando com variedades de tomate em campo e em casa de vegetação também observaram as maiores taxas de assimilação líquida de CO₂ nas maiores intensidades luminosas. Os resultados de Schock et al., (2014) mostram que plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maiores taxas líquidas assimilatórias de CO₂ quando comparadas às plantas submetidas ao sombreamento. Já os menores resultados de assimilação líquida de CO₂ (2,49 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $p < 0,05$) no talude e (4,25 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $p < 0,05$) no fundo da voçoroca podem ser atribuídos pela redução da condutância estomática, pela diminuição da radiação solar acumulada ou pela fotoinibição. O terceiro caso parece pouco provável, pois, a Figura 1a revela que a radiação solar acumulada permaneceu constante ou até abaixo das médias dos meses que apresentaram as maiores taxas de assimilação de CO₂. Assim, as menores médias de condutância

estomática estão associada aos possíveis períodos de sombreamento proveniente das espécies encontradas na borda da voçoroca e que podem ter ocasionado períodos de sombreamento durante a coleta de dados de modo a diminuir os índices de assimilação de CO₂.

As menores médias mensais de condutância estomática foram encontradas majoritariamente entre as plantas situadas na região de talude (0,037 mol H₂O m⁻² s⁻¹) a partir do mês de maio, uma vez que foram observados os menores valores de umidade relativa do ar neste período. Passos, Passos e Prado (2005), trabalhando com espécies de coqueiro-anão também encontraram as menores taxas de condutância estomática durante o período de menor disponibilidade hídrica; enquanto as maiores médias entre as regiões da voçoroca foram observadas na região de borda (0,236 mol H₂O m⁻² s⁻¹) (Tabela 2). Este fato pode estar relacionado com os maiores índices de assimilação líquida de CO₂ (Tabela 2) e também com a combinação dos maiores índices de radiação solar acumulada e dos maiores índices de umidade relativa do ar observado na Figura 1c, uma vez que o processo de abertura e fechamento estomático também está relacionado com a intensidade de luz e disponibilidade hídrica que esta organela está exposta. Nota-se que mesmo sob influência da maior intensidade luminosa, as plantas encontradas na região de borda ainda mantiveram os maiores valores de gs. Estas médias denotam que a *Piper aduncum* não sofreu influência pelo excesso de luminosidade a ponto da mesma exercer um papel como fator limitante para a condutância estomática. Nesse sentido, Grant et al., (2012) demonstraram que algumas espécies podem diminuir sua condutância estomática ao serem expostas a maiores intensidades luminosas, isto porque provavelmente não foram capazes de tolerar as mudanças e não se aclimataram às alterações impostas.

Tabela 2- Assimilação líquida de CO₂ e Condutância estomática. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si nas colunas.

Table 2- Net CO₂ assimilation and stomatal conductance. Means followed by the same capital letter do not differ on the line, means followed by the same lower case letter do not differ in columns.

Meses do Ano de 21013										
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Assimilação Líquida de CO₂ (A) (em $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)										
Borda	10,56 Ba	11,55 Aa	10,48 Ba	11,24 Aa	9,61 Ca	8,37 Da	4,27 Ga	4,82 Fa	7,83 Ea	9,84 Ca
Meio	1,24 Ec	4,9 Ab	2,89 Bc	1,74 Dc	2,08 Dc	2,29 Cc	1,99 Dc	2,27 Cc	2,74 Bc	2,77 Bc
Fundo	2,98 Eb	4,69 Bb	4,66 Bb	4,17 Cb	4,42 Bb	3,76 Db	3,58 Db	3,6 Db	5,28 Ab	5,31 Ab
Condutância Estomática (gs) (em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)										
Borda	0,29 Ca	0,38 Aa	0,33 Ba	0,21 Da	0,23 Da	0,27 Ca	0,12 Fa	0,06 Ga	0,26 Ca	0,16 Ea
Meio	0,05 Cc	0,10 Ac	0,11 Ac	0,06 8Cc	0,05 Cc	0,07 Bb	0,07 Bb	0,02 Db	0,09 Ac	0,05 Cb
Fundo	0,14 Db	0,22 Bb	0,27 Ab	0,14 Db	0,13 Db	0,25 Aa	0,08 Eb	0,04 Fc	0,13 Db	0,18 Ca

A eficiência de carboxilação (A/Ci) seguiu o mesmo comportamento da assimilação líquida de CO₂. Os resultados que apresentaram maiores médias são aquelas encontradas na região de borda com $0,0315 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ($p < 0,05$). Isto demonstra que *Piper aduncum* tem bom rendimento no tocante à relação entre a assimilação de carboidratos e à economia de água em um ambiente com maior intensidade luminosa. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Fini et al., (2014) trabalhando com desempenho de crescimento em plantas aclimatadas expostas a pleno sol ou sombreamento parcial. Por outro lado, o fundo e o talude da voçoroca (os dois ambientes mais impactados da voçoroca) não apresentaram diferenças estatísticas entre si com média de $0,01 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$.

Para os dados de eficiência do uso da água (A/E), verificou-se diferença significativa apenas na região de borda com média $3,56 \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ($p < 0,05$). Apesar das regiões de talude e fundo da voçoroca não terem apresentado

diferenças significativas entre si, observa-se ainda que mesmo com médias menores do que as plantas de borda, as plantas encontradas no talude apresentaram menores médias para a eficiência do uso da água ($2,26 \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$). Estes resultados estão de acordo com Baron et al., (2015), os quais relataram que enquanto os maiores valores para A/E foram encontrados em ambientes conservados, as espécies encontradas nas áreas degradadas apresentaram menores médias. Tais evidências devem ser indicativas que *Piper aduncum* apresenta condições de se estabelecer e manter boa relação de eficiência do uso da água mesmo em ambientes degradados.

Tabela 3- Eficiência de carboxilação e Eficiência do uso da água. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si nas colunas.

Table 3 - Carboxylation Efficiency and Efficiency of Water Use. Means followed by the same capital letter do not differ on the line, means followed by the same lower case letter do not differ in columns.

Meses do Ano de 2013										
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Ste	Out
Eficiência de Carboxilação (A/Ci)										
Borda	0,031 Ba	0,035 Aa	0,030 Ba	0,038 Ba	0,036 Aa	0,026 Ca	0,021 Da	0,029 Ab	0,031 Ba	0,034 Aa
Meio	0,003 Ec	0,015 Cb	0,007 Dc	0,005 Cc	0,006 Cc	0,006 Dc	0,009 Ab	0,034 Ca	0,010 Bc	0,009 Bc
Fundo	0,006 Eb	0,012 Bc	0,010 Db	0,012 Cb	0,012 Db	0,009 Db	0,018 Ba	0,013 Ac	0,015 Cb	0,016 Cb
Eficiência do Uso da Água (A/E)										
Borda	4,13 Ca	4,63 Ba	3,17 Da	3,98 Ca	3,67 Ca	2,03 Ea	2,00 Eb	5,89 Aa	2,34 Ea	3,82 Ca
Meio	1,81 Db	3,79 Ab	2,11 Cb	2,03 Cb	2,19 Cb	1,78 Db	1,28 Ec	2,84 Bb	1,36 Eb	3,50 Aa
Fundo	1,83 Cb	1,99 Cc	1,56 Dc	2,46 Bb	1,93 Cb	1,20 Eb	4,38 Aa	4,73 Aa	2,15 Ca	2,02 Cb

4 CONCLUSÃO

As populações de *Piper aduncum* apresentaram respostas semelhantes para (A) e para A/Ci ao longo do experimento tanto para a borda, como para o talude e o fundo da voçoroca.

Mesmo os resultados de (gs) terem sido ligeiramente maiores nos meses intermediários do experimento do que a relação A/E, não foi observada que as diferenças de irradiância tenha tido um papel limitante do ponto de vista da eficiência das trocas gasosas.

A espécie *Piper aduncum* se mostrou aclimatada aos diferentes ambientes da voçoroca, principalmente pela eficiência de carboxilação, o que propicia a formação de fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento da mesma.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARON, D.; GRACIANO, D. S.; PORTELLA, R. O.; MANTOAN, L. P. B.; ALMEIDA, L. F. R.; BOARO, C. S. F. The ecophysiological performance of *Vernonia polyanthes* Less. (Asteraceae) in conserved and degraded forests in the Brazilian Cerrado. **Acta Physiologiae Plantarum. Kraków**, v. 37, n.1, p. 1-8, 2015.

DANIELS, C. W.; MABUSELA, W. T.; MARNEWICK, J. L.; VALEMTINE, A. J. Photosynthetic adaptation of two semi-arid species of *Gethyllis* (Kukumakranka) to drought-and-shade stress. **South African Journal of Botany**, Grahamstown, v. 88, n.1, p. 36-41, 2013.

DONG, Y.; XIONG, D.; , SU,Z.; LI, J.; YANG,D.; SHI, L.; LIU, G. The distribution of and factors influencing the vegetation in a gully in the Dry-hot Valley of southwest China, **Catena**, China, v.116, n.1, p.60-67, 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2 ed. Brasília. 2006. 286p.

FENG,Y.; KLEUNEN, M. Responses to shading of naturalized and non-naturalized exotic woody species. **Annals of Botany**, Oxford, v.114, n.5, p.981-989, 2014.

FINI, A.; FERRINI, F.; FERDINANDO, M.; BRUNETTI, C.; GIORDANO, C.; GERINI, F.; TATTINI, M. Acclimation to partial shading or full sunlight determines the performance of container-grown *Fraxinus ornus* to subsequent drought stress. **Urban Forestry & Urban Greening**. v.13, n.1, p.63-70, 2014.

GRANT, O. M.; DAVIES, M. J.; JAMES, M. C.; ABIGAIL W. JOHNSON, A. W.; LEINONEN, I.; SIMPSON, D. W. Thermal imaging and carbon isotope composition

indicate variation amongst strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) cultivars in stomatal conductance and water use efficiency. **Environmental and Experimental Botany**, v.76, n.1, p.7-15, 2012.

GUGLIERI-CAPORAL, A.; CAPORAL, F. J. M.; POTT, A.; VINCI-CARLOS, H. C.; MORALES, C. A. S. Revegetação espontânea de voçoroca na região de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v.38, n.1, p.289-306, 2011.

HU, W. H.; ZHOU, Y. H.; DU, Y. S.; XIA, X. J.; YU, J. Q. Differential response of photosynthesis in greenhouse- and field-ecotypes of tomato to long-term chilling under low light. **Journal of Plant Physiology**, v.163, n.12, p.1238-1246, 2006.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Seropédica, 1997. 221p.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES,R.R. **Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south–eastern Brazil**. v.163, n.1, p.51-62, 2002.

MATSUDA, R.; OZAWA, N.; FUJIWARA, K. Leaf photosynthesis, plant growth, and carbohydrate accumulation of tomato under different photoperiods and diurnal temperature differences. **Scientia Horticulturae**, v. 170, n. 1, p. 150-158, 2014.

PASSOS, C.D.; PASSOS, E.E.M.; PRADO,C.H.B.A. comportamento sazonal do potencial hídrico e das trocas gasosas de quatro variedades de coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.248-254, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n. 2, p.237-245, 2012.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n.1, p.56-67, 2006.

SHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 1, p. 3-9, 2014.

VACAREL, R.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 12, p. 101-114, 1997.

VALCARCEL, R.; D'ALTÉRIO, C. F. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Revista Floresta & Ambiente**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p. 68-88, 1998.

Xiao, J.; SUN, G.; CHEN, J.; CHEN, H.; CHEN, S.; DONG, G.; GAO, S.; GUO, H.; GUO, J.; HAN, S.; KATO, T.; LI, Y.; LIN, G.; LU, W.; MA, M.; MCNULTY, S.; SHAO, C.; WANG, X.; XIE, X.; ZHANG, X.; ZHANG, Z.; ZHAO, B.; ZHOU, G.; ZHOU, J. Carbon fluxes, evapotranspiration, and water use efficiency of terrestrial ecosystems in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 182-183, n.1, p. 76-90, 2013.