



Warming

Uma Newsletter do PELD - CRSC

Boletim 05

Outubro 2021



<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>

Foto: G. Wilson Fernandes



Warming

Uma Newsletter do PELD – CRSC

Boletim 05

Outubro 2021

Índice

1. Editorial
2. A biodiversidade oculta
3. Solo: uma caixa de surpresas
4. Paraíso dos fungos
5. Fungos e restauração
6. O valor dos fungos
7. Fungos e o futuro do campo rupestre
8. Publicações e defesas 2020

Você tem novidades ou informações científicas sobre os nossos ecossistemas de estudo?
Então compartilhe em nossos boletins, entre em contato: <https://labs.icb.ufmg.br/>



Warming

Uma Newsletter do PEELD – CRSC

Boletim 05

Outubro 2021

1. Editorial

Neste momento histórico no qual nossos campos, savanas e florestas têm sido dizimados por ações da burrice humana, precisamos mais do que nunca entender todos os componentes da vida na terra que faz com que ela funcione. Essa burrice está ligada ao fato de que fazemos sabendo que há consequências, às vezes nefastas. Essa magnitude de destruição que assistimos no presente resulta em pobreza, injustiça social e fome. Sabemos também que essas ações retroalimentam

o sistema, iniciando um ciclo de desastres ambientais que termina em um mundo cada vez mais desigual e talvez com poucas chances de retorno. É diferente da ignorância, pois está ligada ao desconhecimento, ao não saber antever as consequências de uma ação. Mas hoje podemos dizer que sim, sabemos, pois estamos todos em sintonia com as diversas mídias e notícias sobre os desafios ambientais no futuro próximo.

Neste número estamos concentrando

nas contribuições do Programa de Pesquisas de Longa Duração (PEELD) dos Campos Rupestres da Serra do Cipó, em um assunto pouco abordado na mídia, o dos fungos. Como verão, eles são parte fundamental de toda a vida na Terra, estão na água, no solo, no ar, dentro de plantas e até dentro de todos nós. Sem eles, a vida seria diferente e talvez impossível. Pense nisso!



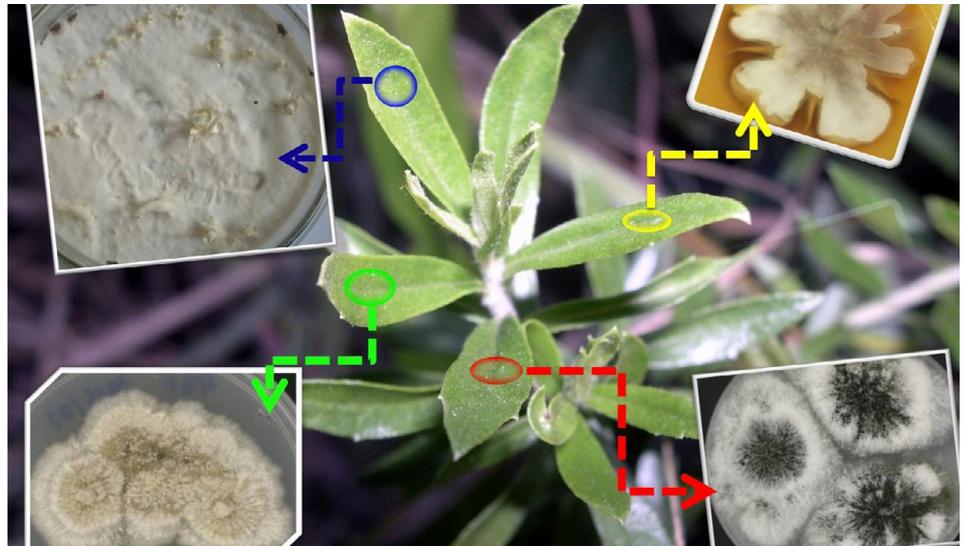


2. A biodiversidade oculta

Alguns fungos vivem dentro de plantas, sem que possamos observá-los diretamente. Eles raramente podem ser vistos, mas moram lá dentro das plantas, imersos em seus tecidos, e contribuem muito para que as plantas possam cumprir seu papel na vida da Terra. Eles são chamados de fungos endofíticos, que significa dentro da planta. *Endo* significa dentro e *fito* está relacionado à plantas. Eles podem ser considerados como componente onipresente em todo o reino vegetal e a sua diversidade é estimada em cerca de 1,5 milhão de espécies.

De modo geral, não causam danos e estão presentes em quase todas as espécies de plantas. O conhecimento dos fungos do campo rupestre vêm crescendo muito e apontam uma riqueza enorme de espécies, grande potencial ecológico e mesmo medicinal. Em nossos projetos já registramos estes microrganismos em mais 27 espécies de plantas na Serra do Cipó, como no alecrim-do-campo, canela-de-ema, sempre-viva, dentre outras. Em cada uma dessas espécies de plantas podem ser encontradas de algumas dezenas a centenas de fungos endofíticos. Ao todo, já foram registradas cerca de 104 espécies de fungos endofíticos na coccoloba (*Coccoloba cereifera*), 60 espécies no alecrim-campo (*Baccharis dracunculifolia*), 25 na carqueja (*Baccharis trimera*) e 21 espécies em uma espécie de canela-de-ema (*Vellozia compacta*).

Essa diversidade de fungos endofíticos varia conforme a espécie e órgão da planta. Esta variação na diversidade é devida às diferentes características físicas e químicas (nutrientes, componentes químicos), tipos de órgãos, espécies vegetais e até mesmo entre sexos das espécies de plantas. Por outro lado, existe também uma certa especificidade entre estas espécies de fungos e suas plantas hospedeiras. Curiosamente, muitas espécies de fungos patógenos nas plantas (que causam doenças) para algumas espécies, podem ser endofíticas e benéficas para outras.



Diversas espécies de fungos endofíticos cultivadas a partir de folhas do alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*).

Para conseguir desvendar a diversidade de fungos endofíticos de uma determinada espécie de planta, em geral, as folhas são esterilizadas superficialmente com produtos químicos e posteriormente cortadas em pequenos fragmentos e inoculadas em um meio de cultura (um substrato onde os fungos podem crescer). Após alguns dias, os fungos no interior das folhas emergem sobre o meio de cultura. Esses fungos são então isolados e cultivados para produção de esporos (estruturas pequenas produzidas em grande quantidade com capacidade de gerar um novo indivíduo). A partir daí podemos saber a que espécies pertencem; embora muitas vezes precisamos de análises moleculares para sua identificação.

Cada dia mais temos relatos científicos que esses fungos podem melhorar a germinação e a performance vegetal, aumentar a resistência contra herbívoros e patógenos nas plantas hospedeiras. Além disso, eles são capazes de aumentar a sobrevivência das plantas em condições estressantes no ambiente como altas temperaturas e até dessecação por vários dias. Este tipo de estresse é justamente o que a ciência acredita que vai aumentar nos próximos anos devido às mudanças climáticas.

Experimentos realizados com espécies de canela-de-ema indicaram que estes fungos podem aumentar em 50% a capacidade das sementes em germinar em temperaturas a partir de 40 graus Celsius. Em alecrim-do-campo, eles apresentam forte influência nas interações da planta com seus herbívoros e patógenos. Notamos que os fungos endofíticos podem reduzir a infecção por patógenos e minimizar o ataque por insetos herbívoros. Determinadas espécies de

fungos endofíticos podem também alterar a produção de compostos voláteis nas plantas hospedeiras e mudar a relação de atratividade com seus polinizadores e herbívoros. Desta forma, os estudos indicam que estes fungos têm um grande papel no funcionamento do ecossistema.

Mas vários estudos ainda são necessários para clarificar as interações dos endofíticos com as plantas e destas com o meio ambiente. Muitos dos benefícios que estes fungos oferecem para as plantas estão associados à produção de enzimas que auxiliam na decomposição vegetal, hormônios que estimulam o desenvolvimento vegetal, sem mencionar o gigantesco arsenal de compostos químicos que podem produzir e ser usados pelas plantas para se defender contra inimigos naturais. Muitos desses produtos apresentam também uma variedade de aplicações na indústria de alimentos, de energia (combustível), agroquímica, e principalmente farmacológica, onde tem se destacado nos tratamentos de diversas doenças, como o câncer.

Os compostos químicos produzidos por alguns destes fungos endofíticos têm intrigado pesquisadores de todo o mundo pela semelhança de substâncias que produzem em relação à planta hospedeira. Entre os exemplos mais conhecidos está a descoberta da produção do palictaxel (comercializado como taxol), um dos compostos quimioterápicos mais eficazes para o tratamento de vários tipos de câncer (ovário, mama e pulmão), pelo fungo endofítico *Taxomyces andreanae* da planta medicinal *Taxus brevifolia*. Antes dessa descoberta, essa substância era coletada da casca de *T. brevifolia*, que apresenta crescimento lento e é encontrada em solos úmidos próximos a lagos e rios em algumas regiões do noroeste do Pacífico. A descoberta reduziu os custos de produção, que até então derivavam apenas da extração vegetal. No Brasil, podemos notar que algumas espécies de fungos endofíticos encontradas em espécies do gênero *Baccharis* também produzem as mes-



Câmaras feitas de acrílico e sensores especiais simulam as condições futuras do planeta no qual a Temperatura e o gás CO₂ se encontram aumentados na Universidade Federal de Minas Gerais. As plantas que crescem sob estas condições podem então ser monitoradas e previsto como pode acontecer no meio ambiente natural no futuro. Foto: G. W. Fernandes.



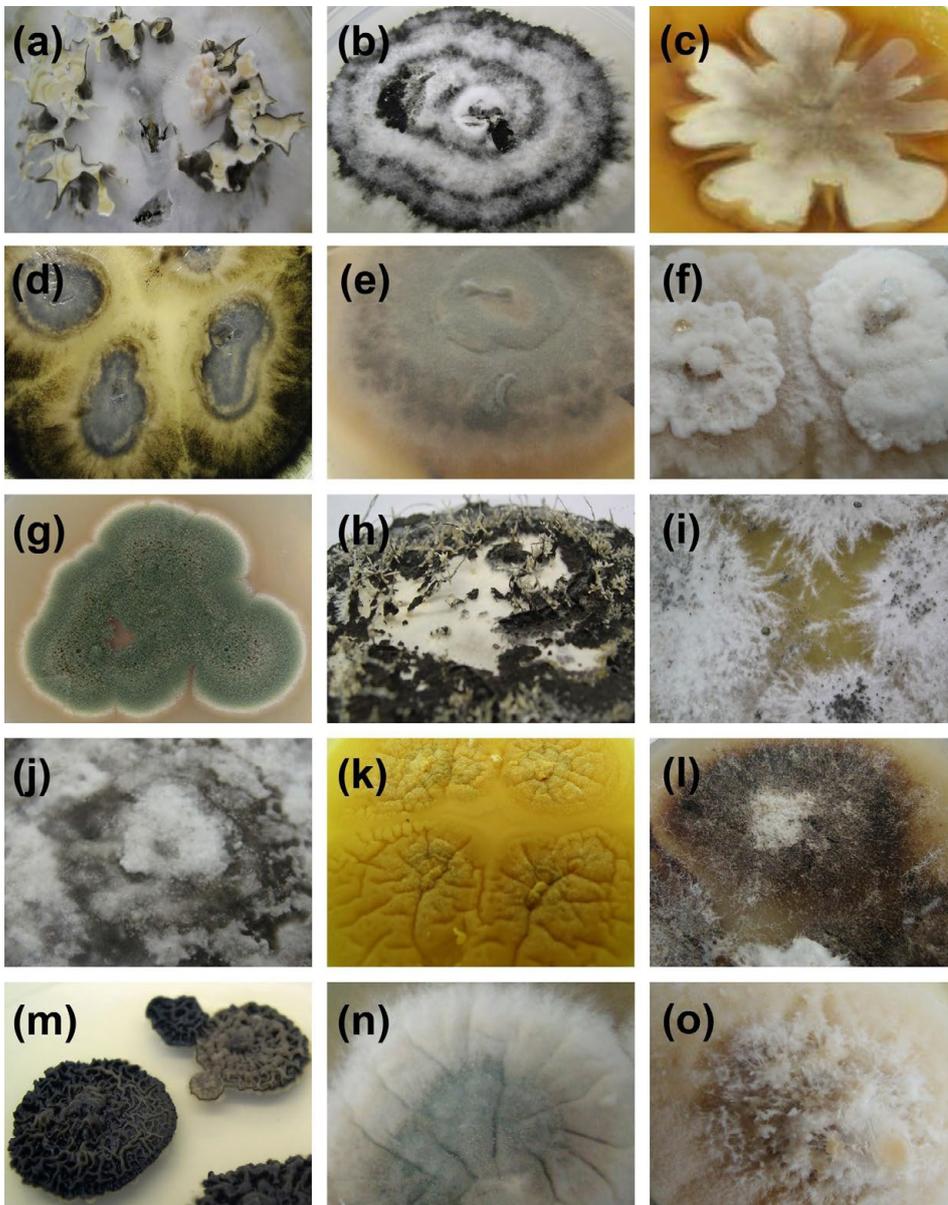
Warming

Uma Newsletter do PELD - CRSC

mas substâncias secundárias! Mas esse assunto deixamos para uma outra oportunidade. Nossos estudos preliminares vêm indicando que os fungos endofíticos associados às espécies do campo rupestre apresentam uma excelente fonte de substâncias bioativas ainda não claramente conhecidas, mas com clara aplicação para indústria farmacológica.

Há uma lacuna enorme ainda para compreender o papel destes fungos no metabolismo vegetal e na sobrevivência em ambientes extremos como o campo rupestre. O desafio em compreender essas relações é gigantesco frente às mudanças climáticas em curso. Em estudos exper-

imentais onde as concentrações de CO₂ e temperatura previstas para o ano de 2100 são manipuladas experimentalmente, observamos que muitas espécies de fungos endofíticos encontradas em espécies nativas do campo rupestre irão desaparecer enquanto outras serão substituídas por outras talvez sem a mesma importância. Uma pena, pois podemos estar perdendo a cura para muitas doenças, a produção de produtos bioativos muito importantes na indústria ou mesmo colocando em risco nossa segurança alimentar no futuro.



Fungos endofíticos encontrados em *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae): (a) *Xylaria adscendens* (Xylariaceae); (b) *Biscogniauxia* sp. (Xylariaceae); (c) *Preussia africana* (Sporormiaceae); (d) *Aureobasidium pullulans* (Dothioraceae); (e) *Cladosporium endophytica* (Cladosporiaceae); (f) *Phomopsis* sp. (Diaporthaceae); (g) *Penicillium citrinum* (Trichocomaceae); (h) *Xylaria venosula* (Xylariaceae); (i) *Diaporthe phaseolorum* (Diaporthaceae); (j) *Nigrospora* sp. (Trichosphaeriaceae); (k) *Phoma* sp. (Didymellaceae); (l) *Fusarium* sp. (Nectriaceae); (m) *Aureobasidium melanogenum* (Dothioraceae); (n) *Aspergillus versicolor* (Trichocomaceae); (o) *Acremonium* sp. (Hypocreaceae). Fotos: Y. Oki.

Veja:

Fernandes G. W., Oki Y., Belmiro M. S., Resende F. M., Correa Junior, A., Azevedo J. L. (2018). *Multitrophic interactions among fungal endophytes, bees, and Baccharis dracunculifolia: resin tapering for propolis production leads to endophyte infection*. Arthropod-Plant Interactions 12: 329-337. DOI <https://doi.org/10.1007/s11829-018-9597-x>

Oki Y., Goto B.T., Jobim K., Rosa L.H., Ferreira M.C., Coutinho E.S., Xavier J.H.A., Carvalho F., Moreira F.M.S., Souza F.A., Barbara R.L.L., Fernandes G.W. (2016). *Arbuscular mycorrhiza and endophytic fungi in ruspatrian grasslands*. In: Fernandes G.W. (Ed.). Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. Springer, Switzerland. pp. 157-179. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-29808-5_8

Oki Y., Nascimento I. M., Costa N. B. D., Maia R. A., Takahashi J. A., Ferraz V., Correa Junior A., Fernandes G. W. (2021). *Effectiveness of endophytic fungi from Baccharis dracunculifolia against sucking insect and fungal pathogens*. In: Rosa L. H. (Ed.). Neotropical Endophytic Fungi. Springer, Switzerland. pp. 337-349. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-53506-3_15

Por:



Yumi Oki

Pós-doc do Laboratório de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade da UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Como citar:

Oki, Y., Fernandes, G.W. 2021. A biodiversidade oculta. In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camaroto, F., Siqueira, W. K. Warming 5:3-4. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>



3. O paraíso dos fungos

A Serra do Cipó é onde encontramos a maior diversidade de espécies de fungos micorrízicos do planeta! Mas o que são esses organismos, ou melhor micro-organismos? Em geral, as pessoas comuns nem sabem direito o que fazem esses fungos e nem mesmo como eles se parecem!

Esses fungos são vitais para o desenvolvimento de plantas ao redor do mundo e muitas vezes a existência de uma determinada espécie em uma região só é possível porque as micorrizas existem. Quando um nutriente, como o fósforo por exemplo, é raro no solo, os fungos micorrízicos podem ser a única saída da planta para obter o recurso e poder crescer e se desenvolver. Há muitos exemplos deste tipo de interação ecológica ao redor do mundo e esta relação entre plantas e micorrizas é um dos melhores exemplos de simbiose que se tem notícia. Neste caso, um organismo depende totalmente do outro para sobrevivência e todos os dois se beneficiam da interação.

A descoberta do lugar com a maior diversidade de micorrizas no mundo, fazem parte dos trabalhos do Programa de Pesquisas em Longa Duração do CNPq na Serra do Cipó e foram realizados pelas doutoras Etiene Coutinho e Fernanda Carvalho (doutoras em ecologia pela Universidade Federal de Minas Gerais) e assinados por outros pesquisadores.

Os trabalhos duraram cerca de 8 anos e revelaram ao mundo uma outra dimensão do campo rupestre. Os estudos com fungos micorrízicos arbusculares, ou conhecidos no mundo científico como FMA, foram realizados em diferentes habitats (aqui diferenciados pelos diferentes tipos de vegetação) e altitudes da Serra do Cipó. Os estudos foram realizados durante as duas estações do ano, ou seja, para observar se haviam diferentes espécies e quantidades dessas no período mais seco ou no mais chuvoso do ano. Os estudos mostraram claramente que as micorrizas estão presentes em toda porção de solo, até em pequenas frestas de rochas do ambiente climaticamente extremo do campo rupestre.

Os campos rupestres são muito beneficiados pela relação planta-fungo pois neste ambiente o solo é ácido,

raso e com poucos nutrientes. A sobrevivência das plantas do campo rupestre pode estar intrinsecamente ligada à existência destes fungos! A associação com o fungo micorrízico permite que as raízes cresçam além do tamanho normal e se ramifiquem ainda mais no solo seco e pobre em nutrientes, para dentro das frestas que guardam pequenos bolsões de nutrientes e umidade. Assim, o crescimento do fungo, além das raízes que se ramificam no solo, é considerado o principal responsável pelo aumento da capacidade de absorção das raízes distantes das áreas atingíveis pelas raízes finas das plantas. Assim, esses fungos permitem às plantas com as quais eles interagem, utilizar aqueles nutrientes que ocorrem em quantidades muito pequenas no solo, principalmente o fósforo, reduzindo-se, assim, as deficiências nutricionais destas espécies de plantas.

De acordo com os estudos pioneiros feitos na Serra do Cipó, a variação de densidade e riqueza destes fungos está relacionada com a variação da altitude, e assim com as propriedades do solo e tipo de habitat, pois eles variam da base para o alto das montanhas. Sabe-se que ao longo de gradientes de altitude variam quase todos os parâmetros climáticos, mas principalmente a temperatura, precipitação, umidade e também os solos. O mesmo ocorre com estes preciosos fungos e a tendência é que seja encontrada maior densidade e riqueza de micorrizas nas altitudes intermediárias deste ambiente montanhoso.

Mas por que em altitudes intermediárias já que outros tipos de organismos (insetos, plantas, etc) demonstram declínio no número de espécies em altitudes mais elevadas? É na altitude intermediária dessas montanhas que encontramos maior heterogeneidade de habitats e das características intrínsecas destes, tais como variação dos tipos de solo e da vegetação.

Mas estamos apenas começando a entender essas relações entre fungos e plantas do campo rupestre. Todavia, os achados reforçam a necessidade de estudos detalhados sobre as relações entre fungo-planta e porque o campo rupestre detêm a maior diversidade de micorrizas do planeta.



Foto: G. W. Fernandes.

Veja:

Coutinho E. S., Fernandes G. W., Barbara R. L. L., Valério H. M., Goto B. T. (2015) *Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian fields in Brazil*. *Mycorrhiza* 25: 627-638. DOI <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0636-5>

Carvalho F., Souza F. A., Carrenho R., Moreira F. M. S., Jesus E. C., Fernandes G. W. (2012) *The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi*. *Applied Soil Ecology* 52: 9-19. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.10.001>

Oki Y., Goto B. T., Jobim K., Rosa L. H., Ferreira M. C., Coutinho E. S., Xavier J. H. A., Carvalho F., Moreira F. M. S., Souza F. A., Barbara R. L. L., Fernandes G. W. (2016) *Arbuscular Mycorrhiza and Endophytic Fungi in Rupestrian Grasslands*. In: Fernandes G.W. (Ed) *Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil*. Springer, pp 157-179. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-29808-5_8

Por:



Etiene Silva Coutinho

Bióloga, Doutora em Ecologia pela UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Como citar:

Coutinho, E. S., Fernandes, G. W. 2021. O paraíso dos fungos. In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camarota, F., Siqueira, W. K. *Warming* 5:5. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>



4. Solo: uma caixa de surpresas

Alguns tipos de fungos formam íntimas associações com a maior parte das plantas, estabelecendo verdadeiras redes nos solos, as conhecidas micorrizas. Nesse tipo de relação, todos os envolvidos saem ganhando. Os fungos micorrízicos ajudam as plantas a captarem nutrientes do solo, enquanto as plantas fornecem carbono para os fungos, o que é fundamental para o desenvolvimento deles. O que ainda poucas pessoas conhecem é uma substância chamada glomalina, a qual é produzida pelos fungos micorrízicos arbusculares, do tipo mais comum de micorriza.

Parte do carbono que esses fungos micorrízicos recebem das plantas é utilizada para produzir a glomalina, uma molécula (glicoproteína) associada à estrutura das hifas fúngicas. As hifas são os filamentos de células que formam os tecidos dos fungos. No processo de renovação das hifas, a glomalina é liberada no solo, onde fica armazenada por bastante tempo, pois não é degradada rapidamente.

Estudos em diversos locais do mundo mostram que a

glomalina possui papel fundamental na estrutura e qualidade do solo e no armazenamento de carbono. Ela possui uma capacidade de aglomerar partículas de solo, o que melhora a qualidade do mesmo. A glomalina é, assim, um importante fator do solo a ser investigado nos ecossistemas quando se quer conhecer melhor a ecologia dos mesmos, pois interliga componentes acima e abaixo do solo.

No biodiverso ecossistema do campo rupestre, que abrange cerca de 15% das espécies de plantas do Brasil, alguns estudos têm identificado também uma grande diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). A associação micorrízica é uma das estratégias mais amplamente desenvolvidas pelas plantas para lidar com ambientes pobres em nutrientes, como é o caso do campo rupestre. Além disso, esse ecossistema está estabelecido em solos rasos, ácidos e com déficit de água pronunciado por mais ou menos metade do ano, condições essas consideradas bastante difíceis para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais.

As espécies de plantas que habitam o campo rupestre precisam, assim, desenvolver estratégias para lidar com essas restrições. As associações com os fungos micorrízicos colaboram nesse sentido. Ao mesmo tempo, estudos têm mostrado também que, além das associações micorrízicas, há uma variedade de estratégias adotadas pelas espécies vegetais do campo rupestre para aquisição de recursos do ambiente. Algumas espécies, por exemplo, liberam em suas raízes substâncias que provocam adesão de partículas de solo em sua superfície e dali são capazes de extrair nutrientes, são conhecidas como as “raízes que grudam areia”. Isso tudo nos levou a questionar o quão relevante seria, assim, o papel da glomalina no campo rupestre.

Assim, investigamos pela primeira vez os aspectos ecológicos. Encontramos teores de glomalina mais de duas vezes maior sobre cangas em relação ao campo rupestre quartzítico. Uma maior oferta de Ferro no solo poderia induzir maior uso de Ferro para produção da glomalina pelos fungos, dificultando sua degradação e aumentando sua concentração no solo. Isso interfere na estruturação do solo, uma vez que a glomalina promove a agregação de partículas e o acúmulo de carbono ali. A grande diferença no conteúdo de glomalina entre os solos de campo rupestre quartzítico e os de canga revela, assim, uma potencial e relevante distinção na estruturação desses solos. Estimamos também a contribuição da glomalina para o estoque de carbono nos solos de campo rupestre e encontramos uma contribuição de 20% da glomalina total para o carbono do solo.

Portanto, os fungos micorrízicos arbus-

culares possuem um importante papel edáfico-estrutural no ecossistema por meio dessa glicoproteína liberada no solo com a renovação das hifas, promovendo diferenças na agregação de partículas e no estoque de carbono do solo de acordo com as variações de concentração da glomalina. Esses achados têm grande importância também no cenário de mudanças climáticas pois apesar de ser uma vegetação campestre, o campo rupestre pode ter papel relevante no sequestro de Carbono da atmosfera.

Veja:

Gomes V. M., Assis I. R., Hobbs R. J., Fernandes G. W. (2021). *Glomalin related soil protein reflects the heterogeneity of substrate and vegetation in campo rupestre ecosystem*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 21: 733-743. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00396-7>

de Carvalho F., Souza F. A., Carrenho R., Moreira F. M. S., Jesus E. C., Fernandes G. W. (2012) *The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi*. Applied Soil Ecology 52: 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.10.001>

Coutinho E. S., Fernandes G.W., Barbara R. L. L., Valério H. M., Goto B. T. (2015) *Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian grasslands in Brazil*. Mycorrhiza 25: 627-638. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0636-5>

Por:



Vanessa M. Gomes

Bióloga, Doutora em Ecologia pela UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Como citar:

Gomes, V. M., Fernandes, G. W. 2021. Solo: uma caixa de surpresas. In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camarota, F., Siqueira, W. K. Warming 5:6. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>

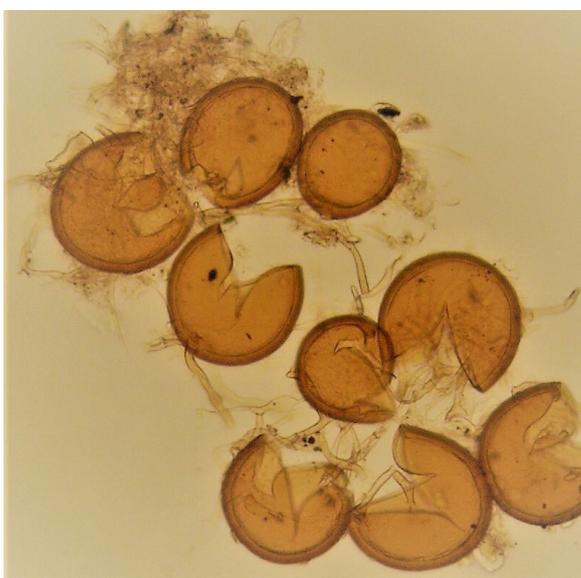
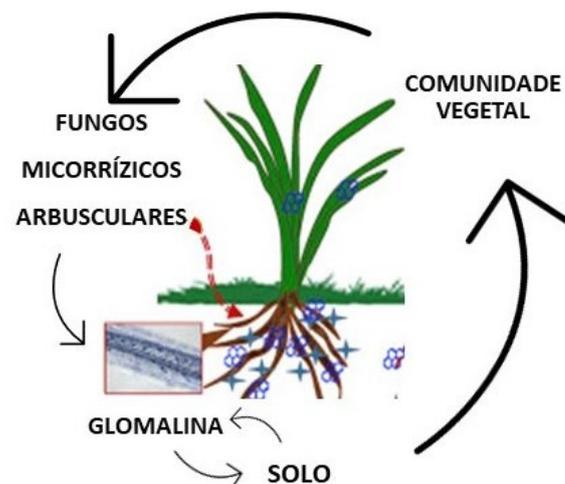


Imagem 1. Rede de relações em que a glomalina está inserida, associada aos fungos micorrízicos arbusculares, a comunidade de plantas e a outros fatores do solo (ex. nutrientes, argila), ligando componentes acima e abaixo do solo. Imagem 2. Espécie de micorriza *Glomus macrocarpum*.



5. Fungos na restauração de áreas degradadas

Os fungos micorrízicos têm sido estudados também para incrementar o desenvolvimento e a produção de várias culturas de importância econômica ligada à produção de alimentos e até na silvicultura. Outra importância destes fungos é o seu papel ecológico na restauração ambiental.

O conhecimento da diversidade de fungos em áreas degradadas é fundamental para projetos de restauração, seja nas florestas, no cerrado ou mesmo nos campos montanhosos. A degradação ambiental ocasiona mudanças nas condições do solo e na cobertura vegetal, e por sua vez, altera a riqueza e a estrutura da comunidade destes fungos.

Uma das alternativas da aplicação de micorrizas no solo para restauração de áreas degradadas é o aumento das suas populações com utilização de inóculos desses fungos oriundos do ecossistema de referência. A inoculação micorrízica consiste em plantar sementes de espécies vegetais nativas em solos contendo os esporos de FMA oriundos do ecossistema natural, permitindo o estabelecimento e reprodução desses fungos nas rizosferas das espécies vegetais nativas. O ecossistema de referência é o ambiente natural antes da alteração causada pelo seu uso. Antes de iniciar um projeto de restauração precisamos conhecer o ambiente natural e projetar os esforços para que o ambiente restaurado seja o mais parecido possível com o natural, antes da degradação.

Um projeto inédito mostrou, pela primeira vez, as espécies de fungos micorrízicos existentes nos ecossistemas naturais do campo rupestre e quais espécies são eliminadas com a degradação desse ecossistema. Infelizmente,



Mudas de alecrim-do-campo produzidas na Serra do Cipó com o auxílio de micorrizas específicas para esta espécie de plantas. Foto: G. W. Fernandes.

com a degradação do ambiente muitas espécies de FMA são perdidas. A degradação das áreas também altera ainda mais a disponibilidade de nutrientes no solo com a redução drástica dos macronutrientes (tipo K e Mg) e aumento dos micronutrientes (tipo Fe e Mn) no solo. Assim, neste ambiente hostil para as plantas, e biodiversidade em geral, há uma redução drástica nas espécies e quantidade de micorrizas. O resultado é o retardamento ou mesmo incapacidade do ambiente em seguir as rotas naturais de sucessão ecológica.

Os estudos mostraram as espécies mais sensíveis aos distúrbios causados pelas alterações no ambiente e também aquelas que persistem até no ambiente alterado. Com isso foi possível listar as espécies de micorrizas dos ecossistemas nativos e também a identificação das espécies potenciais para a inoculação de mudas nas áreas em restauração.

Veja:

Coutinho E. S., Barbosa M., Beiroz W., Mescolotti D. L. C., Bonfim J. A., Barbara R. L. L., Fernandes G. W. (2019) *Soil constraints for arbuscular mycorrhizal fungi spore community in degraded sites of rupestrian grassland: Implications for restoration*. European Journal of Soil Biology 90: 51-57. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.12.003>



Amostragem de micorrizas nos diversos habitats que compõem o campo rupestre da Serra do Cipó. Foto: E. Coutinho.

Por:



Etiene Silva Coutinho

Bióloga, Doutora em Ecologia pela UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Como citar:

Coutinho, E. S., Fernandes, G. W. 2021. Fungos na restauração de áreas degradadas. In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camarota, F., Siqueira, W. K. Warming 5:7. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>



6. Quanto vale um fungo?

Quanto você pagaria para conservar as micorrizas no solo, agora que sabe que esses fungos são vitais para as plantas, a biodiversidade e até para capturar o Carbono atmosférico que causa o aquecimento do planeta? Agora que sabemos que eles são vitais para a restauração e produção de alimentos saudáveis? Uma coisa podemos inferir com certeza, que sairia mais barato a restauração das nossas savanas e campos degradadas usando estes fungos. O ambiente natural do campo rupestre é importante para a conservação destes fungos uma vez que os solos armazenam as espécies nativas e importantes para a manutenção da vida acima do solo, as quais, de outra forma, exigiria um custo monetário elevado para restauração.

Ao degradar o solo do campo rupestre, não se perdem unicamente espécies, mas os serviços e funções que este grupo de microrganismos fornece. Os fungos micorrízicos participam da estruturação do solo, da nutrição das plantas, do ciclo de nutrientes, no controle de patógenos, na produção agroflorestal, na recuperação de áreas degradadas e restauração ambiental, dentre outros inúmeros serviços ecossistêmicos. Sem estes fungos o sucesso da restauração demora mais ou nunca é atingido em sua plenitude, o que eleva os custos enormemente.

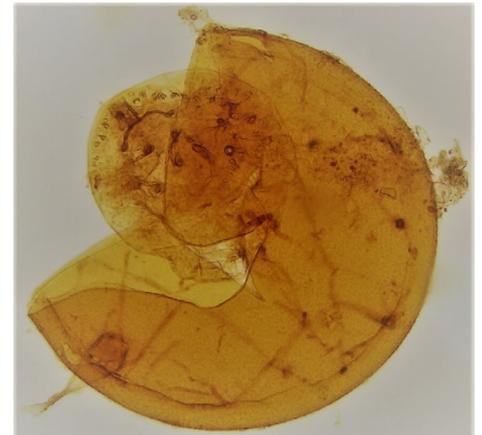
Os custos da produção de fungos para uso na restauração ambiental são devido aos processos de produção de inoculantes e manutenção da coleção destes fungos em ambientes laboratoriais ou experimentais. Para o seu cultivo e manutenção são necessários gastos com material de consumo (sacos plásticos, reagentes, energia elétrica,

etc.), equipamentos (centrífuga, microscópio óptico, lupa estereoscópica, etc.) e recursos humanos (salários, transporte, diárias e serviços). Estes custos de produção iniciam-se desde a fase de coleta de solo em ambiente nativo, extração laboratorial de fungos do solo, identificação das espécies, decisão sobre qual espécie de micorriza utilizar para produção de inóculos e manutenção de espécies para futuras inoculações. Ainda há custos para acompanhar o estabelecimento das mudas micorrizadas e transporte das mesmas para plantio em locais a serem restaurados. Mas mesmo assim, os ganhos são altíssimos quando comparados com tentativas sem o uso destes organismos mutualísticos para as plantas.

Para se ter uma ideia, em um hectare de terra ao longo do gradiente de altitude de campo rupestre na Serra do Cipó, os custos com material permanente, material de consumo e recursos humanos podem chegar a mais de R \$11.000,00. Considerando-se o número de espécies de FMA e o tamanho da área em cada faixa altitudinal na porção sul da Cadeia do Espinhaço entre 800 a 1500 m, o valor da estocagem deste fungos em solos de campos rupestre nesta região tem o valor total de R\$ 194.498.999,10 por hectare! Em outras palavras é um custo alto mostrando que é melhor preservar do que destruir este ambiente único e de importância como repositório de espécies.

Se um ambiente não é restaurado, os custos são muito maiores e as consequências gigantescas. A degradação do ambiente envolve muitas perdas como a redução de nutrientes do solo, redução da diversidade vegetal, entre

outros, e como consequência a perda das funções dos solos, como a ciclagem de nutrientes, interações biológicas, dentre muitas outras funções. Ou seja, não é inteligente degradar um ambiente pois o preço de restaurar é muito alto, além da geração de inúmeros distúrbios ambientais que resultam em mais problemas para todos nós.



Espécie de micorriza *Racocetra intraornata*. Foto: E. Coutinho.

Veja:

Coutinho E. S., Braga R. F., Neves A. C. O., Barbara R. L. L., Silva T. S. F., Moreira F. M. S., Fernandes G. W. (2021)

Ecosystem services evaluation associated with mycorrhizae in the rupestrian grassland. (Em revisão).

Por:



Etiene Silva Coutinho

Bióloga, Doutora em Ecologia pela UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Viveiro de mudas na Reserva Vellozia. Foto: E. Coutinho.

Como citar:

Coutinho, E. S., Fernandes, G. W. 2021. Quanto vale um fungo? In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camarota, F., Siqueira, W. K. Warming 5:8. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>



7. Fungos e o futuro do campo rupestre

Ecologicamente, a interação entre os fungos micorrízicos e as plantas possibilita uma melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta, ou seja, aquelas plantas que se associam com estes fungos têm melhor adaptação ao ecossistema. A importância disso é gigantesca para as plantas e está associada à capacidade delas em produzir alimento, fibras, e certamente, de capturar o elemento Carbono da atmosfera do planeta. Ao fazer a fotossíntese a planta retém o Carbono atmosférico do CO₂ e libera o Oxigênio, que respiramos. O Carbono é usado pelas plantas para uma série de coisas, incluindo seu crescimento e desenvolvimento. Assim, as chances de sucesso no ambiente são muito maiores.

O desenvolvimento e sucesso de uma pequena planta está muitas vezes associado ao sucesso da interação entre o fungo micorrízico e a planta. Em outras palavras, a produção de alimentos no planeta, em especial em lugares com ambientes extremos, como os de montanhas e o do semi-árido, pode depender do conhecimento desta relação entre fungo e planta. E este conhecimento precisa ser obtido agora tendo em vista o rumo a um planeta mais quente, árido e com menos água devido às mudanças climáticas.

Os estudos que são realizados na Serra do Cipó pelo programa de pesquisas do Peld/CNPq também visam avaliar o efeito da associação das micorrizas no desenvolvimento das plantas nativas. Um dos objetivos é buscar a utilização prática desta interação ecológica para a produção de mudas de plantas capazes de crescer no ambiente extremo do campo rupestre e do Cerrado. Esses estudos, assim, têm grande importância biotecnológica e são cru-

ciais para o uso sustentável atual do campo rupestre e de vital relevância para uso futuro.

A aplicação de fungos micorrízicos em uma planta depende da combinação da espécie da planta hospedeira e do tipo, ou inóculo, da espécie de micorriza. Assim, realizamos estudos para verificar se ao longo do desenvolvimento de uma planta variam a riqueza, abundância e diversidade desses fungos. No estudo, as mudas das espécies de plantas nativas foram propagadas no viveiro da Reserva Vellozia, produzidas a partir de sementes coletadas no ambiente montanhoso da Serra do Cipó.

Apesar de interagir com muitas espécies de plantas (chamados de generalistas na linguagem ecológica), constatou-se que a disponibilidade de micorrizas no solo varia entre as espécies vegetais, e isto se deve às diferenças das relações entre fungo, solo e planta. Também foi observado que cada espécie vegetal do campo rupestre possui riqueza, densidade e composição de micorrizas diferenciada. Algumas espécies de fungos micorrízicos foram observadas apenas em algumas espécies de plantas, ou seja exclusivas (na linguagem ecológica chamadas de especialistas), e podem ser as responsáveis pelo sucesso de estabelecimento das mudas nos solos com baixo teor nutricional do campo rupestre. Assim, a inoculação destes fungos em espécies vegetais pode representar uma ferramenta de grande valor para dar início à cicatrização das grandes erosões e terras nuas deixadas pelas ações humanas e mal planejadas no campo rupestre.

Mas os estudos estão ainda em sua infância e mais pesquisas relacionadas com esta interação são necessá-

rias. Os métodos de inoculação destes fungos nas plantas, a melhor combinação de micorrizas para cada espécie, a época, etc., precisam ser melhor estudados para que possam garantir o sucesso de estabelecimento das mudas em solos com baixo teor nutricional e assim garantir às gerações futuras os serviços ecossistêmicos fornecidos pelo campo rupestre.

Veja:

Santana R. S. M., Fernandes G. W., Ávila M. P., Reis M. P., Araújo F. M. G., Salim A. C. M., Oliveira G., Chartone-Souza E., Nascimento A. M. A. (2016). *Endophytic Microbiota Associated with the Root Tips and Leaves of Baccharis dracunculifolia*. Brazilian Archives of Biology and Technology 59:e16160287. DOI 10.1590/1678-4324-2016160287

Coutinho E. S., Beiroz W., Barbosa M., Xavier J. H. A., Fernandes G. W. (2019) *Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of saplings used in the restoration of the rupestrian grassland*. Ecological Restoration 37: 152-162. DOI <https://doi.org/10.3368/er.37.3.152>



Foto: G. W. Fernandes

Por:



Etiene Silva Coutinho

Bióloga, Doutora em Ecologia pela UFMG.

G. Wilson Fernandes

Coordenador do Projeto PELD Serra do Cipó, Prof. Titular de Ecologia pela UFMG e Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências.



Como citar:

Coutinho, E. S., Fernandes, G. W. 2021. Fungos e o futuro do campo rupestre. In: Fernandes, G. W., Gélvez-Zúñiga I., Camarota, F., Siqueira, W. K. Warming 5:9. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16953277>



8. Publicações e defesas em 2020

Artigos completos

Beirão et al. 2020. *Climate and plant structure determine the spatiotemporal butterfly distribution on a tropical mountain*. *Biotropica* 53:191-200. DOI: 10.1111/btp.12860 Impact factor: 2.09

Caminha-Paiva et al. 2020. *Functional trait coordination in the ancient and nutrient-impooverished campo rupestre: soil properties drive stem, leaf and architectural traits*. *Biological Journal of the Linnean Society* <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa153> Impact factor: 1.961

Castro et al. 2020. *Environmental drivers of taxonomic and functional diversity of ant communities in a tropical mountain*. *Insect Conservation and Diversity* 13:393-403. <http://dx.doi.org/10.1111/icad.12415> Impact factor: 2.729

Cunha-Blum et al. 2020. *More is not always better: responses of the endemic plant *Vellozia nanuzae* to additional nutrients*. *Acta Botanica Brasiliense* 34: 487-496. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0041> Impact factor: 1.048

dos Santos et al. 2020. *Structure and composition of the Euglossine bee community along an elevational gradient of rupestrian grassland vegetation*. *Apidologie* 51: 675-687. Impact factor: 1.828

Fagundes et al. 2020. *Diversity of gall-inducing insects associated with a widely distributed tropical tree species: testing the environmental stress hypothesis*. *Environmental Entomology* 49: 838-847. <http://doi.org/10.1093/ee/nvaa072> Impact factor:

Fernandes et al. 2020. *Biodiversity and ecosystem services in the campo rupestre: a road map for the sustainability of the hottest Brazilian biodiversity hotspot*. *Perspectives in Ecology and Conservation* 18: 213-222. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.10.004> Impact factor: 3.2

Fernandes et al. 2020. *Floristic and functional identity of rupestrian grasslands as a subsidy for environmental restoration and policy*. *Ecological Complexity* 43: 100833. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100833> Impact factor: 1.6

Hoffmann, et al. 2020. *The fate of endemic birds of eastern Brazilian mountaintops in the face of climate change*. *Perspectives in Ecology and Conservation* 18: 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.10.005> Impact factor: 3.2

Monteiro et al. 2020. *Ecological interactions among insect herbivores, ants and the host plant *Baccharis dracunculifolia* in a Brazilian mountain ecosystem*. *Austral Ecology* 45:158-167. <http://dx.doi.org/10.1111/aec.12839> Impact factor: 1.730

Monteiro et al. 2020. *Evaluating the impact of future actions in minimizing vegetation loss from land conversion in the Brazilian Cerrado, considering adjustment of species to climate change*. *Biodiversity & Conservation* 29:1701-1722. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1627-6> Impact factor: 3.080

Monteiro et al. 2020. *The mistletoe *Struthanthus flexicaulis* reduces dominance and increases diversity of plants in campo rupestre*. *Flora* 271:151690. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151690> Impact factor: 1.5

Negrão et al. 2020. *A rede invisível que sustenta a vida*. *Ciência Hoje Online*:1-8. <https://cienciahoje.org.br/artigo/a-rede-invisivel-que-sustenta-a-vida/>

Neves et al. 2020. *Habitat generalists drive nestedness in a tropical mountaintop insect metacommunity*. *Biological Journal of the Linnean Society* blaa059:1-10. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa059> Impact factor: 1.961

Nunes et al. (2020). *High temporal beta diversity in an ant metacommunity, with increasing temporal functional replacement along the elevational gradient*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 392. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.571439> Impact factor: 2.416

Oki et al. 2020. *Fertilizer effect on growth, polyphenols, and endophytes in two *Baccharis* species*. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 63:1-10. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190302> Impact factor: 0.09

Streher et al. 2020. *Accuracy and limitations for spectroscopic prediction of leaf traits in seasonally dry tropical environments*. *Remote Sensing and Environment* 244:111828. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111828> Impact factor: 9.085



Dissertações (Mestrado)

Rogério Pinto Vasconcelos. 2020. *Desenvolvimento e Avaliação de critérios comparativos de equivalência ambiental entre formações campestres quartzica e ferruginosas no Espinhaço Meridional*. Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa. Coorientador: Geraldo Wilson Afonso Fernandes.

Beatriz Lopes Monteiro. 2020. *Síndromes de polinização e serviços ecossistêmicos nos campos rupestres*. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, CNPq. etação (Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Orientadora: Leonor Patricia Cerdeira Morellato.

Monografias (Graduação)

Bruna Rodrigues Porto. 2020. *Efeito do fogo sobre a predação diferencial de lagartas crípticas e*

aposemáticas no Cerrado. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Samuel Matos Antunes de Novais.

Charles Rafael Estevão. 2020. *Efeito do fogo sobre a predação diferencial de lagartas crípticas e aposemáticas no Cerrado*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Samuel Matos Antunes de Novais.

Larissa Nogueira Guimaraes. 2020. *Efeito do fogo sobre a predação diferencial de lagartas crípticas e aposemáticas no Cerrado*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Samuel Matos Antunes de Novais.

Naila Petrina Alves. 2020. *Efeito do fogo sobre a predação diferencial de lagartas crípticas e aposemáticas no Cerrado*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Samuel Matos Antunes de Novais.

Thiago Ferreira. 2020. *Efeito do fogo e altitude sobre a diversidade de cupins na Serra do Cipó*. Iniciação científica. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Geraldo Wilson Fernandes.

Thais Grego. 2020. *Efeito do fogo e altitude sobre a diversidade de cupins na Serra do Cipó*. Iniciação científica. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Geraldo Wilson Fernandes.

Matheus Bruschi. 2020. *Efeito do fogo e altitude sobre a diversidade de cupins na Serra do Cipó*. Iniciação científica. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Geraldo Wilson Fernandes.

Amanda Ponce de Leon. 2020. *Efeito do fogo e altitude sobre a diversidade de cupins na Serra do Cipó*. Iniciação científica. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Geraldo Wilson Fernandes.

Izabella Avelar. 2020. *Efeito do fogo e altitude sobre a diversidade de cupins na Serra do Cipó*. Iniciação científica. (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNA. Orientador: Geraldo Wilson Fernandes.



Foto: G. Wilson Fernandes

Siga o PELD-CRSC nas mídias sociais



Financiadores



Corpo Editorial

G. Wilson Fernandes – UFMG (Coordenador)
Irene Gélvez Zúñiga – UFMG (Redatora)
Flavio Camarota – UFMG (Redator)
Walisson Kenedy Siqueira – UFMG (Designer)