

**Universidade Estadual De Goiás**  
**Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas**  
**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais**  
**do Cerrado**

THALES ANTONY DE ASSIS SANTOS

**ASPECTOS DA DIVERSIDADE DE FUNGOS  
FILAMENTOSOS NO BRASIL: A MICROBIOTA DO SOLO DO  
CERRADO NATIVO E CULTIVADO E O DÉFICIT  
WALLACEANO NOS REGISTROS DE MACROMICETOS**

Anápolis

2018

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Assis Santos, Thales Antony  
AT335a Aspectos da diversidade de fungos filamentosos no Brasil: a  
micobiota do solo do Cerrado nativo e cultivado e o Déficit  
Wallaceano nos registros de macromicetos / Thales Antony Assis  
Santos; orientador Solange Xavier dos Santos. -- Anápolis, 2018.  
70 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado  
Acadêmico em Recursos Naturais do Cerrado (RENAC)) -- Câmpus-  
Anápolis CET, Universidade Estadual de Goiás, 2018.

1. Micologia . 2. Cerrado. 3. Solo. 4. Edáfico. I. Xavier dos Santos,  
Solange , orient. II. Título.

THALES ANTONY DE ASSIS SANTOS

**ASPECTOS DA DIVERSIDADE DE FUNGOS  
FILAMENTOSOS NO BRASIL: A MICOBIOTA DO SOLO DO  
CERRADO NATIVO E CULTIVADO E O DÉFICIT  
WALLACEANO NOS REGISTROS DE MACROMICETOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Solange Xavier dos Santos.

Anápolis

2018

THALES ANTONY DE ASSIS SANTOS

ASPECTOS DA DIVERSIDADE DE FUNGOS  
FILAMENTOSOS NO BRASIL: A MICROBIOTA  
DO SOLO DO CERRADO NATIVO E  
CULTIVADO E O DÉFICIT WALLACEANO NOS  
REGISTROS DE MACROMICETOS

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos  
Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás,  
para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 26 de fevereiro de 2018, pela  
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

  
**Profa. Dra. Solange Xavier dos Santos**  
Presidente da banca  
Universidade Estadual de Goiás

  
**Profa. Dra. Geórgia Ribeiro Silveira de Sant'Ana**  
Membro externo  
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

  
**Profa. Dra. Maria Helena Alves**  
Membro externo  
Universidade Federal do Piauí

## **Dedicatória**

À minha mãe Zilene Lima A. Santos, ao meu pai Manoel S. Santos e aos meus irmãos Thesley Antony A. Santos e Thammys de A. Santos.

## Agradecimentos

Primeiramente a Deus que sempre esteve presente em minha vida me guiando, protegendo e ajudando a tomar as melhores decisões. Sei que sem o Senhor eu não teria alcançado tantas dádivas em tão pouco tempo de vida.

À Profa. Dra. Solange Xavier dos Santos, que em 18 de janeiro de 2016 respondeu meu e-mail, colocando-se a disposição em me orientar no mestrado em Recursos Naturais do Cerrado. Ela se mostrou e se tornou muito mais que uma orientadora, acabou se tornando uma amiga que lembrarei para sempre, tanto pelos ensinamentos (não só sobre micologia), mas como ensinamentos sobre a vida, sobre como funciona a ciência no Brasil e no mundo, e como nós podemos contribuir com os conhecimentos científicos e a educação pública e de qualidade brasileira. Sempre fui apaixonado por pesquisa, mas nunca imaginei que minha vida mudaria tanto como mudou nestes últimos dois anos, esse período morando em Anápolis nunca me esquecerei. Também não me esquecerei das broncas (risos), mas sei que foram para o meu bem.

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas pela Bolsa *Stricto Sensu* – Nível Mestrado - Edital 008/2016/CCB, bem como também pela Bolsa de Desenvolvimento Institucional Nível 3 - Edital 008/2017.

À Prof. Dra. Samantha Salomão Caramori, agradeço primeiramente por todos os ensinamentos e contribuições durante a disciplina de Princípios de Epistemologia da Ciência. Agradeço muito por ter cedido gentilmente às amostras de solos, que utilizei para isolar os fungos que são o carro-chefe da minha pesquisa de mestrado. Você foi a minha avaliadora no Seminário de Avaliação de Projeto (SAP), e teceu contribuições importantes, que serviram para melhorar os rumos da pesquisa. Mais recentemente, fez parte da composição da minha banca de qualificação, e novamente teceu contribuições muito relevantes, tanto em relação ao que foi apresentado até aquele momento, bem como sugestões do que podia ser melhorado.

À Profa. Dra. Héli da Ferreira da Cunha, que me deu aula na disciplina de Recursos Naturais do Cerrado e me fez admirar mais esse bioma brasileiro tão importante. Agradeço por ceder gentilmente o uso do microscópio com câmara acoplada, quando o equipamento do Laboratório de Biodiversidade foi para manutenção.

Às Profa(s). Dra(s). Luciane Madureira de Almeida e Elisa Flávia Luiz Cardoso Bailão por cederem gentilmente o uso do microscópio com câmara acoplada, quando o nosso equipamento do Laboratório de Biodiversidade foi para manutenção. Aproveito para

agradecer à mestranda Sara Almeida por ter se disponibilizado a me ensinar como utilizar o software do microscópio.

Aos Prof(s). Dr(s). João Carlos Nabout e Fabrício Teresa pelas contribuições dadas durante as disciplinas de Estatística aplicada a dados ambientais e durante o Seminário de Apresentação de Projeto.

Aos Prof(s). Dr(s). Rodrigo Carvalho e Vitor Hugo Prado pelas contribuições durante a disciplina de Biogeografia, macroecologia e biologia da conservação, que foram úteis para desenvolver um dos capítulos da dissertação.

À Profa. Dra. Georgia Ribeiro Silveira Sant' Ana por ter me recebido tão bem Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange em Anápolis/GO e ter me auxiliado nas análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de solo, que utilizei no mestrado. Obrigado ter sido membro da minha banca de qualificação do mestrado. Aproveito para agradecer aos alunos Diones e Bruna por terem sido tão prestativos, durante esses dois meses que passei analisando solos no SENAI.

À Profa. Dra. Keila Aparecida Moreira da UFRPE por ceder gentilmente artigo científico relevante para melhoria do embasamento da minha dissertação.

À secretária do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais do Cerrado, Arminda Campos, que todos chamam carinhosamente de Nina, por ser uma pessoa tão educada, prestativa e que sempre procura nos atender da melhor forma possível, desde a inscrição no processo seletivo, passando pela matrícula até os períodos de qualificação e defesa final.

Aos colegas de Pós-graduação Werther Ramalho, Denes Ferraz, Diego Guimarães, Leciana Zago, Thâmara Silva e Letícia Mikaelly, Lucas Leonardo que se tornaram amigos, e que tanto me ajudaram durante o desenvolvimento de testes estatísticos, laboratoriais, interpretação e análises dos dados da minha dissertação, principalmente o Werther que sempre se dispôs a me ajudar na escolha das análises estatísticas e a interpretá-las.

À minha colega de laboratório e amiga Adriana Carvalho pelo companheirismo, pelas risadas, pela cumplicidade e tantas outras coisas, que fez dela uma pessoa que passei a admirar, e que lembrarei para todo o sempre, mesmo estando distante depois que eu regresssei à Formosa.

Aos técnicos de laboratório, Osvaldo Pinto e Izabel Moreira, que tanto me ajudaram nas atividades laboratoriais, desde atividades simples como: autoclavar materiais, plaquear meio de cultura, passando por atividades como diluir solos e inocular amostras de solos e até mesmo no auxílio de como identificar os fungos.

Ao Dr. Marcelo Daher responsável pela Unidade de Saúde do Jundiá Anápolis por disponibilizar recipientes, para armazenamento dos fungos.

À Universidade Estadual de Goiás, Laboratório de Biodiversidade do Cerrado pelo apoio logístico, estrutural e recursos humanos.

À Prefeitura Municipal de Formosa/GO por ter me concedido licença de 24 meses, para estudos de Pós-graduação, contribuindo com minha formação continuada.

## Sumário

I INTRODUÇÃO .....	16
<b>I.i. Caracterização geral dos fungos</b> .....	16
I.ii. O conhecimento e a amostragem da Micobiota no Brasil .....	17
I.iii. O solo do Cerrado .....	17
I.iv. Fungos de solo .....	19
2 REFERÊNCIAS .....	20
II. Objetivos .....	23
II.i. Objetivo Geral.....	23
II.ii. Objetivos específicos:.....	23
Artigo 1 - O Déficit Wallaceano na distribuição geográfica de macromicetos no Brasil .....	24
Introdução.....	25
Materiais e métodos .....	25
Resultados.....	27
Considerações Finais .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Agradecimentos .....	35
Referências .....	35
Artigo II - O conhecimento sobre fungos de solos do Cerrado e análise cienciométrica da produção científica .....	37
INTRODUÇÃO.....	38
METODOLOGIA.....	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS .....	47
Artigo III - Caracterização físico-química e a abundância da Micobiota do solo do Cerrado nativo e cultivado no estado de Goiás .....	49
Introdução.....	50
Metodologia.....	53
Área de estudo .....	53
Obtenção das amostras de solo .....	53
Caracterização físico-química do solo.....	53
Densidade das partículas .....	53
Textura.....	54

Umidade .....	54
Potencial hidrogeniônico (pH) .....	54
Capacidade de Troca Catiônica (CTC).....	54
Diagnóstico da Micobiota .....	55
Abundância da micobiota do solo .....	55
Análise estatística.....	56
Resultados e discussão .....	56
Caracterização físico-química .....	56
Abundância da Micobiota .....	59
Conclusão .....	67
Referências .....	67
Considerações finais .....	70

## Resumo

No último século muito se descobriu sobre as características dos grupos taxonômicos dos fungos, mas ainda há muito a se desvendar, inclusive sobre a distribuição geográfica das espécies fúngicas, que apresenta imensas lacunas. Este trabalho buscou estudar alguns aspectos da diversidade de fungos filamentosos no Brasil, incluindo o déficit Wallaceano nos registros de macromicetos, o perfil das pesquisas sobre fungos do solo de Cerrado, tanto em caráter cienciométrico, quanto na promoção de síntese sobre esse conhecimento e a Micobiota do solo do Cerrado nativo e cultivado. Foi possível constatar que quanto mais próximo das instituições de pesquisa, maior é o número de registro de fungos, de forma que as lacunas observadas intensificam o Déficit Wallaceano. Análise cienciométrica da produção científica sobre fungos de solo do Cerrado mostrou que a distribuição temporal dos artigos apresentou um padrão de homogeneidade ao longo dos anos. Percebeu-se também que grande parte dos trabalhos foram desenvolvidos com FMs, utilizando essa relação simbiótica em favor da melhoria da absorção de nutrientes por parte dos cultivos agrícolas. Isso chama a atenção, tendo em vista que nenhum trabalho estava realmente preocupado com questões ambientais. Ao comparar tanto as características físico-químicas e quanto a abundância da Micobiota (determinada pelo quantitativo de unidades formadoras de colônia – UFC) em solos de Cerrado nativo e cultivado, não foram constatadas diferenças significativas, independentemente do tipo de cultivo. Isso indica que o manejo sofrido pelos solos cultivados, praticamente, não alterou os seus atributos físico-químicos, tampouco influenciou a abundância da Micobiota edáfica.

**Palavras-chaves:** Micobiota edáfica; Atributos físico-químicos do solo; ciencimetria, distribuição geográfica de fungos.

## Abstract

In the last century much has been discovered about the characteristics of fungal taxonomic groups, but there is still much to be discovered, including the geographical distribution of fungal species, which presents huge gaps. This work aimed to study some aspects of the diversity of filamentous fungi in Brazil, including the wallacean deficit in the macromicet records, the profile of the research on fungi of the soil of Cerrado, as much in scientific character as in the promotion of synthesis on this knowledge and the Micobiota of native and cultivated Cerrado soil. It was possible to observe that the closer to the research institutions, the greater the number of fungi recorded, so that the observed gaps intensify the Wallaceano Deficit. Scientometric analysis of the scientific production on soil fungi of Cerrado showed that the temporal distribution of the articles presented a pattern of homogeneity over the years. It was also noticed that a great part of the works were developed with FMs, using this symbiotic relation in favor of the improvement of the nutrient absorption by the agricultural crops. This draws attention to the fact that no work was really concerned about environmental issues. When comparing both the physicochemical characteristics and the abundance of Mycobiota (determined by the quantitative colony forming units - UFC) in native and cultivated Cerrado soils, no significant differences were found, regardless of the type of crop. This indicates that the management of cultivated soils did not practically alter their physical-chemical attributes, nor did it influence the abundance of the edaphic Mycobiota.

**Key-words:** Mycobiota edáfica; Soil physical-chemical hazards; Scientometrics, geographic distribution of fungi.

## Lista de tabelas

### **Artigo I: O Déficit Wallaceano na distribuição geográfica de macromicetos no Brasil**

Tabela 1 -Relação das instituições com Programa de Pós-Graduação e tradição na pesquisa acerca da diversidade taxonômica de macromicetos, consideradas como referência em cada estado brasileiro..... 27

Tabela 2 - Dados gerais sobre a distribuição de registros fúngicos em oito estados brasileiros, obtidos da base de dados Species Link (<http://splink.cria.org.br/>)..... 30

### **Artigo II: O conhecimento sobre fungos de solos do Cerrado e análise cienciométrica da produção científica**

Tabela 1 - Periódicos com maior frequência de artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016. .... 27

Tabela 2 -Distribuição, segundo a filiação, dos autores que apresentaram mais de 1% artigo sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016. .... 30

Tabela 3 - Instituições com maior frequência na filiação dos autores citados nos artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016..... 44

Tabela 4 - Estados, municípios e áreas de coletas de amostras de solo na Região Sudeste do Brasil..... 45

Tabela 5 - Estados, municípios e áreas de coletas de amostras de solo na Região Centro-Oeste do Brasil..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 6 - Estados, municípios e áreas de coletas de amostras de solo nas Regiões Sul e norte do Brasil..... 46

### **Artigo III: Caracterização físico-química e a abundância da micobiota do solo do cerrado nativo e cultivado no estado de Goiás**

Tabela 1 - Localização dos pontos de coletas de amostras de solo.....55

Tabela 2 - Características físico-químicas de amostras de solos de áreas de Cerrado nativo e submetido a diferentes cultivos agrícolas em diferentes municípios do estado de Goiás.....58

Tabela 3 - Número médio de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por cultivos agrícolas e solo nativo em três municípios goianos.....61

## **Lista de Figuras**

### **Artigo I: O Déficit Wallaceano na distribuição geográfica de macromicetos no Brasil**

Figura 1- Pontos de registros fúngicos nos estados brasileiros, ao longo de ranges de 50 Km a partir da principal instituição de pesquisa em Micologia. .... 31

Figura 2 Pontos de registros fúngicos nos estados brasileiros, ao longo de ranges de 50 Km a partir da principal instituição de pesquisa em Micologia. .... 32

Figura 3 Distribuição dos registros fúngicos nos estados brasileiros em função da distância da principal instituição de pesquisa em Micologia considerada. .... 33

Figura 4 Distribuição dos registros fúngicos nos estados brasileiros em função da distância da principal instituição de pesquisa em Micologia considerada. .... 34

### **Artigo II: O conhecimento sobre fungos de solos do Cerrado e análise cienciométrica da produção científica**

Figura 1 Distribuição temporal dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado publicados entre 1996 e 2016. .... 40

Figura 2 Distribuição dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016, segundo o foco principal..... 42

### **Artigo III: Caracterização físico-química e a abundância da micobiota do solo do cerrado nativo e cultivado no estado de Goiás**

Figura 1 Densidade das partículas do solo do Cerrado nativo e cultivado em diferentes municípios no estado de Goiás. .... 61

Figura 2 pH de amostras de solo do Cerrado nativo e cultivado em diferentes municípios no estado de Goiás..... 62

Figura 3 Percentual médio de Matéria orgânica de solo do Cerrado nativo e cultivado em diferentes municípios no estado de Goiás. .... 62

Figura 4 Percentuais médios de Umidade do solo Cerrado nativo e cultivado em diferentes municípios no estado de Goiás. .... 63

Figura 5 Valores médios de Capacidade de troca Catiônica de solo do solo Cerrado nativo e cultivado em diferentes municípios no estado de Goiás..... 63

Figura 6 Boxplot das médias de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por cultivos agrícolas e solo nativo em três municípios goianos. .... 64

Figura 7 Relação entre o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) e teor de umidade do solo..... 65

Figura 8 Relação entre o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) e o teor de argila da amostra de solo. .... 66

# I INTRODUÇÃO

## I.i. Caracterização geral dos fungos

Os fungos são seres vivos com características biológicas peculiares. São heterotróficos, com nutrição por absorção, ou seja, liberam enzimas sobre os mais diversos substratos e absorvem os nutrientes resultantes da digestão desses compostos (Moreira & Siqueira, 2006). Eles possuem células revestidas por parede celular constituída de quitina, reservam glicogênio e podem apresentar organização celular uni ou pluricelular. Neste último caso, apresenta estruturas filamentosas, denominadas hifas, que em conjunto constituem o micélio. A reprodução pode ocorrer de forma assexuada, envolvendo apenas mitoses, e sexuada, que resulta em processos de plasmogamia, cariogamia e meiose (SILVEIRA et al, 2002).

Alguns grupos fúngicos apresentam dimorfismo quanto a sua forma estrutural. Em temperaturas em torno de 25°C apresentam-se como estruturas filamentosas (micelial) e em entre 35 e 37°C apresentam-se na forma de leveduras (são unicelulares) (NOGUEIRA & CARDOSO, 2000). Alguns fungos são saprobiontes, assim denominados quando decompõem matéria orgânica morta. Outros são simbiontes, quando se associam a outros seres vivos para a obtenção de nutrientes, sem prejudicar o hospedeiro (como, por exemplo, os líquens e as Micorrizas). Outros, ainda são parasitas, quando ao obter nutrientes de seus hospedeiros, lhes traz algum prejuízo. Esses fungos parasitas podem ter como hospedeiros diferentes espécies animais (incluindo o homem), causando-lhes doenças denominadas micoses; também podem parasitar plantas, causando sérios prejuízos em cultivos agrícolas; além disso podem parasitar até mesmo outros fungos (MAIA & CARVALHO, 2010).

O reino Fungi é cinco filos: Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota. Os Zygomycota são predominantemente terrestres, com hifas cenocíticas e às vezes septadas (quando a colônia se encontra envelhecida e na formação do esporângio). Os fungos do filo Glomeromycota são endomicorrízicos, estando presentes em raízes de 9 de cada 10 plantas vasculares. Seus representantes são chamados de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA). Os representantes do filo Ascomycota são conhecidos por possuírem hifas septadas e estruturas de reprodução sexuada típicas, chamadas de ascos, geralmente formados em ascas. Os Basidiomycotas apresentam também hifas septadas, mas formam estruturas de reprodução sexuada típicas, chamadas de basídios. Os

Chytridiomycotas por sua vez, apresentam-se na forma unicelular, com estruturas rizomicelial ou micelial, sendo suas hifas cenocíticas, que as vezes forma pseudoseptos(FORZZA et al., 2010).

Os fungos, juntamente com as bactérias, contribuem de modo decisivo para a manutenção da vida e para o equilíbrio da biosfera (SOUZA, 2006), sendo encontrados em praticamente qualquer local do planeta, incluindo o ambiente terrestre, aquático e o ar. No entanto, do total de 1,5 a 3,8 milhões de espécies fúngicas estimadas, apenas cerca de 5 a 13% delas são conhecidas (KIRK et al, 2008;HAWKSWORTH &LUCKING, 2017).

### **I.ii. O conhecimento e a amostragem da microbiota no Brasil**

A existência de falhas na compreensão da distribuição de espécies de vários grupos taxonômicos é notória. Whittaker et al. (2005) apontam uma série de deficiências nos estudos sobre distribuição, taxonomia e biodiversidade, denominando-as de déficits. Os mais estudados são o Déficit Wallaceano e o Lineano. O primeiro está relacionado às lacunas de distribuição de espécies, e é motivado pela escassez de informações biogeográficas. O segundo está relacionado à deficiência das identificações taxonômicas, promovendo diferenças entre o número de espécies descritas e número real de espécies que se acredita existir, considerando nesta lacuna o conhecimento das espécies que sofreram extinção(LOMOLINO, 2004).

Entre 2010 e 2014 acreditava-se que havia no Brasil, aproximadamente 3.608 espécies, divididas em 78 famílias e 924. O Catálogo das plantas e fungos do Brasil (MAIA & CARVALHO, 2010) fornece uma dimensão, mesmo que subamostrada, da diversidade de fungos nos biomas brasileiros. Em 2015 ocorreu atualização dos dados e acrescentou-se 2.111 espécies descritas e catalogadas, totalizando 5.719 espécies de fungos pertencentes a 1.246 gêneros. A Mata Atlântica abriga cerca de 3.017 espécies, seguida pela Amazônia, com 1.050 espécies, em seguida a Caatinga com 999 espécies e o Cerrado, com pouco mais de 630 espécies, sendo o bioma com menos número de fungos catalogados (MAIA et al., 2015).

### **I.iii. O solo do Cerrado**

O Cerrado é um bioma brasileiro caracterizado por grande biodiversidade, apresentando 4,8 mil espécies de plantas e animais vertebrados (STRASSBURG et al., 2017), além de 638 espécies de fungos macro e microscópicos (MAIA, et al., 2015). Devido ao alto nível de endemismo e de ameaças antrópicas, O Cerrado é considerado um *hotpost* da biodiversidade (BASSO, 2005).

Essas ameaças se tornaram mais evidentes a partir da segunda metade do século XX; com a ampliação da fronteira agrícola na região Centro-Oeste, grandes extensões do Cerrado passaram a ser ocupadas pela agricultura e pecuária em larga escala (RODRIGUES, 2005). Essa ocupação antrópica predatória, com criação de rebanhos de gado e implantação de cultivos agrícolas, principalmente monoculturas, como soja, milho e cana-de-açúcar, tem causado degradações ambientais preocupantes (ALBERGARIA, 2009).

O modelo de exploração agrícola no Cerrado foi fomentado por políticas públicas que incentivaram a produção de *commodities*, para que fossem vendidos a mercados exteriores (primeiramente os EUA e União Europeia, e mais recentemente os países asiáticos, principalmente a China), ampliando assim, o número de exportações para gerar recursos financeiros à balança comercial brasileira (RODRIGUES, 2005). A principal *commodity* brasileira e também principal monocultura cultivada no Cerrado é a soja (EMBRAPA, 2017). Como a soja, muitas dessas culturas requerem a implementação de técnicas e tecnologias de correção dos solos, adubação e implantação de irrigação, de modo a transformar os solos pobres do Cerrado em ambientes adequados para o plantio agrícola, provocando desde alterações da diversidade típica da paisagem, bem como mudanças sociais (SCHWENK & CRUZ, 2008).

Outra *commodity* e monocultura amplamente cultivada no Cerrado é o milho, (Embrapa, 2017). A implantação maciça desse monocultivo, muitas vezes com manejo inadequado, sem rotatividade correta e utilizando altos níveis de agrotóxicos, tem causado degradação do solo, perda dos recursos minerais, aumento da lixiviação, causando a diminuição da produtividade dos solos (MACEDO, 2009).

Da mesma forma que aconteceu com outras monoculturas, o cultivo da cana-de-açúcar também recebeu incentivo governamental para sua implantação e expansão em grande escala no Brasil. E apesar de mais expressivamente cultivada no nordeste e sudeste do Brasil (principalmente São Paulo), em áreas antes ocupadas por Mata Atlântica, também teve e tem presença significativa no Cerrado.

Essa expansão, iniciada nos anos de 1980, foi baseada em um modelo que buscava incorporar áreas por arrendamento, compra e aquisição de terras por pequenas e grandes usinas sucroalcooleiras, melhorando a logística com indutoras da expansão e fornecedores, fazendo a cana-de-açúcar ganhar destaque no agronegócio (CASTRO, 2010). Devido à forma como são preparadas as áreas de plantio, bem como a prática da queima do que sobra após a colheita, esse tipo de cultivo promove uma série de problemas ambientais, como destruição da vegetação nativa, causando erosões e assoreamentos de cursos d'água próximos; eliminação

de animais nativos quer seja pela destruição do seu hábitat ou pela morte em larga escala através de queimadas; bem como a eliminação dos microrganismos do solo (AMACHADO & HABIB, 2009).

Pelo fato do solo sob vegetação natural representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente, esse solo é, costumeiramente, usado como referência na avaliação dos impactos causados pela agricultura e diferentes tipos de manejo do solo (SANTANA & BAHIA FILHO, 2002). Vários são os métodos de avaliação da qualidade do solo, os quais estão basicamente focados nas características físico-químicas, tais como, pH, textura, matéria orgânica, respiração basal, e microbiológicas, como diversidade e riqueza de microrganismos do solo.

Nesse sentido, Araújo et al. (2007) propuseram a utilização de dados das características físicas, químicas e biológicas de solos cultivados e de área não perturbada no Cerrado, como referência para a elaboração de índices de qualidade do solo. Esses autores mostram que há uma relação inversa entre a intensidade de uso de um solo e sua qualidade, sendo que os solos submetidos a cultivos agrícolas acabam sofrendo prejuízos nos seus atributos químicos, físicos e biológicos.

#### **I.iv. Fungos de solo**

O solo é considerado um grande “reservatório” de microrganismos, entre os quais estão os fungos. No solo pode-se encontrar representantes da maioria dos grupos taxonômicos e funcionais de fungos, incluindo fungos entomopatogênicos, fitopatogênicos, micorrízicos, decompositores, entre tantos outros. Entre as espécies presentes no solo, pode-se encontrar representantes dos cinco filos de fungos. No entanto as espécies que realmente apresentam nichos ecológicos no solo são encontradas nos filos Zygomycota, Ascomycota e Glomeromycota. Considerando as espécies destes três filos, teremos mais de 3 mil espécies de fungos de solo, sendo cerca de 1.881 são Ascomycota, 157 de Glomeromycota, cerca de 900 espécies de Zygomycota (MAIA et al., 2015; KIRK, 2001).

Conhecer a microbiota do solo pode garantir a descoberta de uma gama de espécies, que, além de proporcionar a ampliação do conhecimento das interações ambientais, pode auxiliar em uma melhor compreensão do equilíbrio ecológico dos ecossistemas presentes nos solos, pode contribuir para o melhoramento das tecnologias utilizadas nos cultivos agrícolas e em aplicações biotecnológicas (BORGES, 2011).

Grande parte dos microrganismos do solo é perdida em decorrência de manejos e práticas de tratamento do solo, como é verificado no plantio convencional, que muitas vezes

acaba rompendo as hifas, destruindo as estruturas que revestem e abrigam os esporos, prejudicando a relação simbiótica micorrízica e, conseqüentemente, diminuindo a fertilidade do solo (CORDEIRO et al, 2005).

Algumas ações podem reduzir os impactos causados pela agricultura convencional nessa biodiversidade, tais como a replantação da vegetação nativa, para garantir maior produção de matéria orgânica (que serve de nutrientes para as comunidades microbianas do solo), aliada ao plantio direto (que revolve menos o solo). Essas ações têm apresentando resultados satisfatórios sobre o melhoramento do equilíbrio dos ecossistemas edáficos (AQUINO & CASSIOLATO, 2002; CORDEIRO et al, 2005).

## 2 Referências

Albergaria, F.Q. **Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do cerrado**. 2009. Sociedade & Natureza, vol. 21, n. 2, pp. 193-209.

Araújo, R; Goedert, W.; Pinto, C.L.M. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. 2007. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, núm. 5, 2007, p. 1099-1108.

Amachado, L.A & Habib, M. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/Cana/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/index.htm)>. Acesso em: 18/1/2018.

Aquino, S.S & Cassiolato, A.M.R. **Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazuma ulmifolia* em solo de cerrado degradado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2002, v.37, n.12, p.1819-1823.

Basso, L. M. S; Monteiro, A.C; Belo, M. A. A; Soares, V. E; Garcia, M. V; Mochi, D. A. **Controle de larvas de *Boophilus microplus* por *Metarhizium anisopliae* em pastagens infestadas artificialmente**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2005. v. 40, n. 6, p. 595-600.

Borges, L.R, Lazzari, S.M.N, Pimentel, I.C, Vila Nova, M.X. **Diversidade de fungos filamentosos em solo de monocultivo de erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil.** Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais. 2011. v.9. p.185-194.

Castro, S.S, Abdala, K, Silva, A.A, Borges, V.M.S. **A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo.** Boletim goiano de geografia. 2010. v. 30, n. 1, p. 171-191.

Cordeiro, M.A.S; Carneiro, M.A.C; Paulino, H.B; Saggin Júnior, O.J. **Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Tropical. 2005. v.35, p.147-153.

Forzza, R.C.; Baumgratz, J.F.A.; Bicudo, C.E.M.; Canhos, D.; Carvalho Jr., A.A.; Costa, A.F.; Costa, D.P.; Hopkins, M.; Leitman, P.M.; Lohmann, L.G.; Lughadha, E.N.; Maia, L.C.; Martinelli, G.; Menezes, M.; Morim, M.P.; Nadruz, M.; Peixoto, A.L.; Pirani, J.R.; Prado, J.; Queiroz, L.P.; Souza, V.C.; Stehmann, J.R.; Sylvestre, L.S.; Walter, B.M.T. & Zappi, D.C. (orgs.). 2010. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Vol. 1. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 870p.

Hawksworth, D. L.; Lücking R. **Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species.** Microbiol Spectr. v. 5, n. 4, 2017.

Kirk P.M; Cannon P.F; David J.C; Stalpers J.A. **Dictionary of the Fungi**. 2008. Ed. 16 CABI Publishing.

Lomolino MV. 2004. **Conservation biogeography. In: Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature.** Ed. MV Lomolino, LR Heaney. 4, 293 –296.

Macedo, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

Maia, L.C & Carvalho-Junior, A.A. **Introdução: os fungos do Brasil**. In: Forzza, R.C. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil** [online]. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. *Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. 2010. v. 1, p. 43-48.

- Maia, L. C. et al. **Diversity of Brazilian Fungi**. *Rodriguésia*. 2015. v. 66, n.4, p. 1033-1045.
- Moreira, F.M & Siqueira, J.O. **Microbiologia e a Bioquímica do solo**. Editora da UFLA. 2006. 729 pp.
- Nogueira, M.A. & Cardoso, E.J.B.N. **Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo**. *Revista Brasileira Ciência do Solo*. 2000. v.24, p.329-338.
- Rodrigues, W. **Valoração Econômica dos Impactos Ambientais de Tecnologias de Plantio em Região de Cerrados**. *RER*. 2005. v. 43, nº 01, p. 135-153.
- Santana, D.P. & Bahia Filho, A.C. **Qualidade do solo: Uma visão holística**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. v.27, p.15-18.
- Silveira, S.V. Souza, P.V.D. Koller, O.C. **Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do abacateiro**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2002. v. 37, n. 11, p. 1597-1604.
- Souza, V.C. Silva, R.A. Cardoso, G.D. Barreto, A.F. **Estudos sobre fungos micorrízicos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2006. v.10, n.3, p. 612-618.
- Schwenk, L.M & Cruz, C.B.M. **Conflitos socioeconômicos-ambientais relativos ao avanço do cultivo de soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no estado do Mato Grosso**. *Acta Scientiarum – Agronomy*. 2008. v.30, n.4, p.501-511.
- Strassburg, B.B.N, Brooks,T, Feltran-Barbieri, R, Iribarrem, A, Crouzeilles, R, Loyola, R,Latawiec, A.E, Oliveira-Filho, F.J. B, Scaramuzza, C.A.M, Scarano, F.R, Soares-Filho, B, Andrew, B. **Moment of truth for the Cerrado Hotspot**. Springer Nature. 2017. v.1, n.99, p.1-3.
- Whittaker, R.J; Araújo, M.B; Jepson, P; Ladle, R.J; James, E; Watson, M; Willis, K.J. **Conservation Biogeography: assessment and prospect**. *Diversity and Distributions*. 2005.v.11, p. 3-23.

## **II. Objetivos**

### **II.i. Objetivo Geral**

Estudar aspectos da diversidade de fungos filamentosos no Brasil relacionados ao conhecimento da distribuição geográfica de macromicetos e à micobiota do solo do Cerrado nativo e cultivado.

### **II.ii. Objetivos específicos**

- a) Investigar a relação entre os registros de macromicetos e a proximidade das instituições de pesquisa e a sua influência no déficit wallaceano;
- b) Investigar o perfil das pesquisas sobre fungos do solo de Cerrado, tanto em seu caráter cienciométrico, quanto na síntese sobre esse conhecimento.
- c) Investigar se a exploração agrícola, sob diferentes cultivos, afeta os atributos do solo do Cerrado, especialmente nos parâmetros físico, químicos e na abundância da micobiota.



## O Déficit Wallaceano na distribuição geográfica de macromicetos no Brasil

Assis-Santos TA<sup>1,2\*</sup>, Sousa DG<sup>1</sup> and Xavier-Santos S<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Brasil. [antonythales@hotmail.com](mailto:antonythales@hotmail.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Biodiversidade do Cerrado Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil

<sup>3</sup>Docente da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil

Assis-Santos TA, Sousa DG, Xavier-Santos S2018 – O Déficit Wallaceano na distribuição de macromicetos no Brasil. Mycosphere X(X), X–X, Doi 10.5943/mycosphere/X/X/X

### Resumo

O conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies, em muitos grupos taxonômicos, é vago e inconclusivo, apresentando inúmeras lacunas. Essa situação é mais problemática na região neotropical, pois são grandes áreas com colonização humana recente, baixo número de instituições de pesquisa consolidadas e número reduzido de pesquisadores, gerando dados muito esparsos e altamente desiguais. A distribuição geográfica das espécies de fungos é ainda mais inconsistente, quando comparada aos grupos de plantas e animais, partir da consulta à Base de dados Species Link, que disponibiliza os dados dos herbários brasileiros, foram resgatados os registros de ocorrências de macromicetos em todo território nacional.. Ao analisar comparativamente os registros de ocorrência em diferentes estado da federação, poi possível perceber que existem lacunas nos registros de fungos e esses registros tendem a se concentrar mais próximo das instituições de pesquisa em Micologia, intensificando o Déficit Wallaceano. Isso reflete o baixo investimento financeiro em pesquisas de cunho taxonômico e reforça a necessidade de estudos que possam abarcar localidades mais distantes dos centros de pesquisas e dos grandes centros urbanos, de forma que seja realizado um inventário mais completo e melhor distribuído da micobiota no território brasileiro.

**Palavras-Chave:** Esforço amostral, Registros de ocorrência, Fungos, Basidiomycetes, Ascomycetes.

## Introdução

O conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies, em muitos grupos taxonômicos, é muito baixo, vago e inconclusivo, apresentando inúmeras lacunas. Essa situação é mais problemática na região neotropical, onde há grandes áreas com colonização humana recente, baixo número de instituições de pesquisa consolidadas e número reduzido de pesquisadores, gerando dados muito esparsos e altamente desiguais (Whittaker et al. 2005). A distribuição geográfica das espécies de fungos é ainda mais inconsistente quando comparada aos grupos de plantas e animais. Os estudos sobre a distribuição biogeográfica e a composição de comunidades de fungos são restritos e estão relacionados, principalmente, aos fungos micorrízicos arbusculares (Martiny et al. 2006).

O baixo número de registros de espécies amplia a escassez de informações biogeográficas de distribuição, o que é denominado Déficit Wallaceano. Este déficit está presente em todos os grupos taxonômicos, dificultando, por exemplo, a criação de políticas públicas para conservação de espécies que, por ventura, estejam em risco de extinção (Lomolino 2004). O presente trabalho investigou a relação entre o número de registros de macromicetos e a proximidade das instituições de pesquisa e a influência no Déficit Wallaceano.

## Materiais e métodos

A partir da consulta à Base de dados Species Link (<http://splink.cria.org.br/>), considerando apenas os registros de fungos que possuíam coordenadas geográficas, foram levantados os registros de ocorrência de macromicetos em todo território nacional, disponibilizados nos herbários brasileiros. Esses registros foram distribuídos em *shapes* de oito estados brasileiros (Amazonas, Pará, Bahia, Pernambuco, São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

A escolha desses estados ocorreu em função da existência de instituição de pesquisa com programa de pós-graduação ou tradição em pesquisa na área micológica, especialmente em relação à diversidade taxonômica de macromicetos. A maioria dessas instituições está sediada nas capitais dos estados, exceção para o estado da Bahia, que está situada no município de Feira de Santana (Tabela 1).

Os *shapes* foram construídos utilizando-se o *Software* ArcGis 10.5 e a ferramenta ArcMap, que disponibilizam mecanismos para criar e desenvolver mapas com base na geolocalização dos registros. A análise do Coeficiente de Correlação de Spearman ( $\rho$ ) foi realizada no *Software* Bio Static Systems 2.0. Foi correlacionada a distância das coordenadas de todos os registros de fungos, em ranges de 50 quilômetros, que cobriram totalmente o territórios dos oito estados com a coordenada do município em que se encontra a principal instituição de pesquisa referência em Micologia em cada estado.

Os mapas, de distribuição e ocorrência das espécies, gerados foram divididos em ranges de 50 km cada, contados a partir do ponto da coordenada principal referente à instituição de pesquisa por estado, onde se encontram os registros fúngicos. A quantidade de ranges variou de acordo com o tamanho do estado. Dentro de cada range encontra-se uma determinada quantidade de registros fúngicos e, com base nessa quantidade de registros por ranges, foi possível mensurar a relação entre os registros e a instituição de pesquisa.

Foram mensurados os valores máximos e mínimos e a média aritmética dos registros fúngicos dos ranges, e o P-valor que neste caso, corresponde ao índice determinante para considerar o teste estatístico de Coeficiente de Correlação de Spearman ( $\rho$ ) significativo. Assim, quando o P-valor for menor que 0,05, o  $\rho$  será significativo, já P-Value maior que 0,05, o  $\rho$  não será considerado significativo.

O  $\rho$  foi utilizado para medir a correlação entre as instituições de pesquisa e os pontos de registros de ocorrências fúngicas. O  $\rho$ , também conhecido como “coeficiente de correlação de postos”, indica valores de postos, que varia entre -1 (correlação negativa) e 1 (correlação positiva), e quanto mais perto de 1 ou de -1 mais forte é a correlação. A correlação positiva demonstra que os valores analisados são diretamente proporcionais, ou seja, quando um valor aumenta o outro acompanha o aumento. A correlação negativa mostra que os valores são inversamente proporcionais, ou seja, quando um valor aumentar, o outro irá diminuir (Silva 2005). Neste caso, se os valores de  $\rho$  em cada estado analisado forem negativos, indicará que quanto mais distante da instituição, menos registros de fungos haverá. Caso ocorra o inverso, e os valores de  $\rho$  forem positivos, indicará que quanto mais distante da instituição, maior será o número de registros de fungos.

**Tabela 1– Relação das instituições com Programa de Pós-Graduação e tradição na pesquisa acerca da diversidade taxonômica de macromicetos, consideradas como referência em cada estado brasileiro.**

<b>Instituição</b>	<b>Programa de Pós-graduação, Departamento ou Núcleo de pesquisa</b>	<b>Cidade/Estado</b>	<b>Década de criação</b>
Instituto de Botânica de São Paulo	Seção de Criptógamos (Atual Núcleo de Pesquisa em Micologia)	São Paulo/SP	1950
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Pós-Graduação em Botânica	Porto Alegre/RS	1960
Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia	Pós-Graduação em Botânica	Manaus/AM	1970
Museu Paraense Emílio Goeldi	Pesquisa em Biodiversidade e Evolução	Belém/PA	1980
Universidade Federal do Pernambuco	Pós-graduação em Biologia de Fungos (Antigo Mestrado em Criptógamos)	Recife/PE	1980
Universidade Federal de Santa Catarina	Pós-graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas (Antigo Biologia de Plantas)	Florianópolis/SC	1990
Universidade Estadual de Feira de Santana	Pós-graduação em Botânica	Feira de Santana/BA	2000
Jardim Botânico do Rio de Janeiro	Laboratório de Micologia	Rio de Janeiro/RJ	2000

## Resultados e Discussão

Foram obtidos 170 mil registros de fungos, sendo que deste total, cerca de 99 mil apresentou coordenadas geográficas (latitude e longitude). E deste, cerca de 60 mil registros encontrava-se dentro dos oito estados pesquisados, então com base neste número foi realizada a análise do número total de registros por estado, extensão territorial, número máximo e mínimo e a média aritmética de registros fúngicos, considerando todos os ranges por estado, densidade de registros por Km<sup>2</sup>, P- valor e Coeficiente de Spearman por estado (Tabela 2).

Os estados do Amazonas, Pernambuco e Rio Grande do Sul são os que mais apresentaram registros fúngicos, representando cerca de 60% do total de registros. Os estados do Pará, Santa Catarina e Bahia apresentaram valores intermediários, representando cerca de 32,5% do total de registros. São Paulo e Rio de Janeiro juntos são os que apresentaram menor quantidade de registros, cerca de 7,5% do total.

Os estados que se destacam pela a densidade de registros por Km<sup>2</sup> são Pernambuco, Amazonas e Santa Catarina, com valores de 0,121; 0,01 e 0,068, respectivamente. Os estados do Pará e Bahia apresentaram os menores valores: 0,000. Por outro lado, Rio Grande do Sul, São Paulo e Rio de Janeiro apresentaram densidades que variaram entre 0,005 a 0,036. Isso chama a atenção, pois o estado de São Paulo apresenta um histórico de pesquisas taxonômicas de fungos consolidado, diferente do estado do Rio de Janeiro, que apresenta um histórico recente.

O perfil do esforço amostral para a identificação de macromicetos por estado é apresentado nas Figuras 1 e 2, que trazem os mapas de distribuição de fungos dos oito estados analisados, apresentados conforme o estado, o ponto referente à coordenada da instituição de pesquisa considerada e a quantidade de registros de fungos por estado. Analisando-se essas figuras é possível perceber que todos os estados possuem distribuição de espécies desigual ao longo dos ranges e que há lacunas nos registros de espécies, ficando algumas áreas com um maior aglomerado de registros do que outras. A maior parte dos registros encontra-se nos ranges mais próximos das instituições de pesquisa. Cabe ressaltar que os mapas de distribuição apresentados são de fator sub-estimados em relação à ocupação real do território pelas espécies fúngicas, mas que, como mostrado em um estudo de Junior & Siqueira (2009), os modelos de distribuição e nicho originais são sub-estimativas, que podem ser semelhantes e estar próximo ao que ocorre nos ecossistemas.

As Figuras 3 e 4 reforçam os aspectos citados anteriormente, demonstrando que, na maioria dos estados, os registros encontram-se nos primeiros 100 km contados a partir do ponto referente à instituição de pesquisa, como é o caso dos estados do Amazonas que possui 85% dos registros fúngicos no primeiros 100 km, Rio Grande do Sul (75%), Santa Catarina (70%), Pernambuco (60%) e São Paulo (55%). O demais estados apresentaram menos da metade dos registros próximos aos 100 Km, como foi o caso do Rio de Janeiro com 40% de registros fúngicos nos primeiros 100 km, Bahia (30%) e Pará (12%).

A observação mais relevante na Tabela 1 diz respeito à relação entre o número de registros fúngicos e a proximidade com instituições de pesquisa envolvendo fungos, levando em consideração o valor do rho apresentado por estado. Os estados de Santa Catarina e Amazonas se destacaram por apresentarem as correlações negativas mais baixas, -0,88 e -0,84, respectivamente. Os estados de Pernambuco, Rio Grande do Sul, Bahia e São Paulo

apresentaram valores intermediários, variando entre -0,6 e -0,7. Em todos estes estados, o P-value foi inferior a 0,05, fazendo com que sejam significativos e demonstrando que 95% destas correlações ocorrem naturalmente.

Em contrapartida, os estados do Rio de Janeiro e Pará apresentaram os valores de rho mais distantes de -1 (aproximadamente -0,2), indicando que não há dados suficientes, para verificar a correlação entre o número de registros de macromicetos e a proximidade das instituições.

### **Considerações finais**

O cenário apresentado mostra a existência de lacunas nos registros de fungos no Brasil. A existência de falhas e poucas informações sobre a distribuição de espécies ocorre também nos mais diversos grupos taxonômicos (Raizer et al, 2017). Colletti (2011) alerta que há uma crise na taxonomia, pois o fato de entendermos rasamente a distribuição geográfica da maioria das espécies está intimamente ligado ao fato de haver poucos profissionais que se dedicam a estudar, identificar e inventariar as espécies.

Segundo a mesma autora, há cerca de 7 mil taxonomistas profissionais ligados à academia, e que há tanto um declínio no número de descrições de novas espécies, quanto o número de taxonomistas. Fatores como o pouco investimento financeiro para formação e manutenção das pesquisas nesta área e a falta de infraestrutura na conservação das coleções em herbários e museus tornam a atuação dos taxonomistas prejudicada.

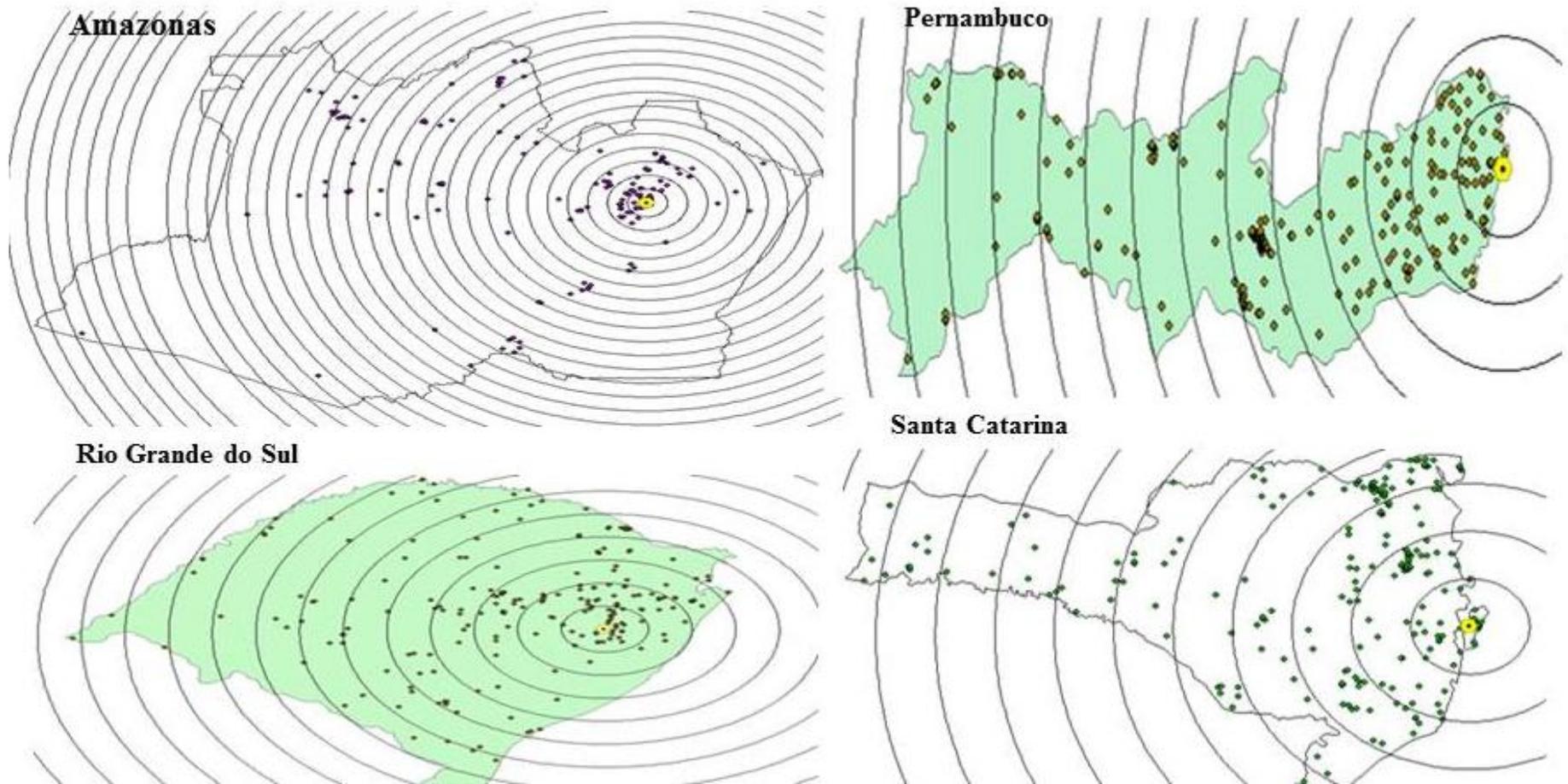
Os resultados obtidos mostraram, ainda, que há maior número de registros fúngicos próximos às instituições de pesquisa. Isso reflete a tendência, conhecida no senso comum, de que os pesquisadores tendem a pesquisar nos seus “quintais”, ou seja, que a maior parte das áreas estudadas está próxima às instituições de pesquisas nas quais os pesquisadores estão vinculados, fazendo com que áreas carentes em instituições de pesquisa fiquem desassistidas em relação ao conhecimento da biodiversidade e distribuição de espécies, o que influencia de forma positiva (ou seja, contribui para ampliar) o Déficit Wallaceano.

Esse quadro também está ligado ao baixo orçamento que os taxonomistas possuem, inviabilizando que eles se desloquem para regiões muito distantes dos seus locais de trabalho e reforça a necessidade de se investir em estudos em localidades mais distantes dos centros de pesquisa e dos grandes centros urbanos, de forma que se possa realizar um inventário fúngico mais completo e melhor distribuído no território brasileiro.

**Tabela 2 - Dados gerais sobre a distribuição de registros fúngicos em oito estados brasileiros, obtidos da base de dados Species Link (<http://splink.cria.org.br/>)**

<b>Estado</b>	<b>Extensão territorial Km<sup>2</sup></b>	<b>N° total de registros de fungos</b>	<b>N° máximo de registros por Range</b>	<b>N° mínimo de registros de fungos por Range</b>	<b>Média de registros por Ranges</b>	<b>Densidade de registros/ Km<sup>2</sup></b>	<b>Coefficiente Spearman (rho)</b>	<b>P – Valor</b>
Amazonas	1.559.149	15.696	12.585,00	2	490,5	0,001	-0,8413	0,0001
Pernambuco	98.076	11.872	3.774,00	1	848	0,121	-0,7451	0,0022
Rio Grande do Sul	281.737	10.255	6.537,00	4	788,8	0,036	-0,7912	0,0013
Pará	1.247.955	7.979	1.299,00	1	199,6	0,000	-0,2423	0,2652
Santa Catarina	95.737	6.523	3.257,00	5	593	0,068	-0,8818	0,0003
Bahia	564.732	6.042	1.346,00	38	464,8	0,000	-0,7418	0,0037
São Paulo	248.221	2.037	1.064,00	8	169,8	0,008	-0,6224	0,0306
Rio de Janeiro	43.781	220	84	1	36,7	0,005	-0,2000	0,704

**Figura 1** Pontos de registros fúngicos nos estados brasileiros, ao longo de ranges de 50 Km a partir da principal instituição de pesquisa em Micologia.



**Figura 2** Pontos de registros fúngicos nos estados brasileiros, ao longo de ranges de 50 Km a partir da principal instituição de pesquisa em Micologia.

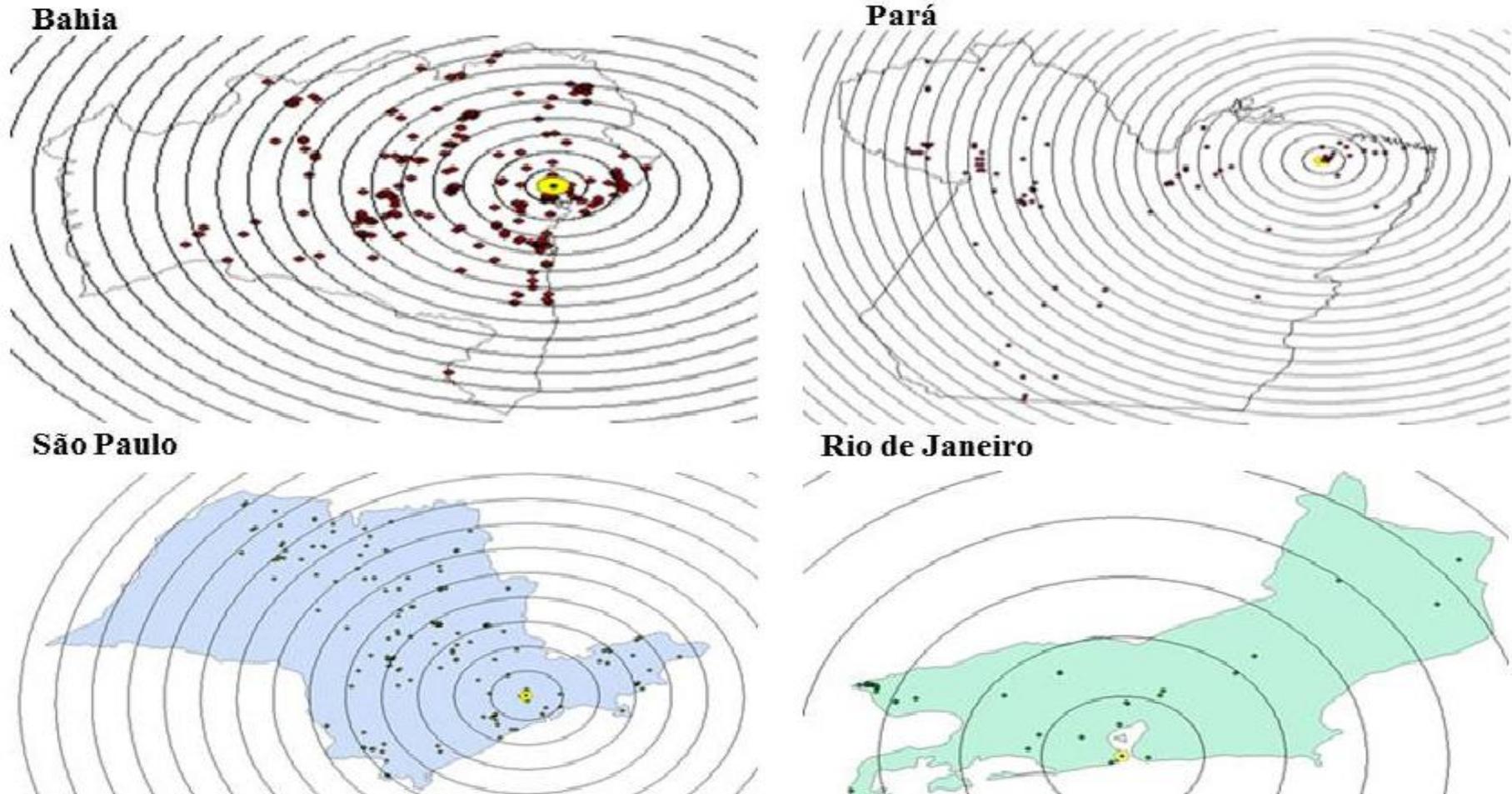


Figura 3 Distribuição dos registros fúngicos nos estados brasileiros em função da distância da principal instituição de pesquisa em Micologia.

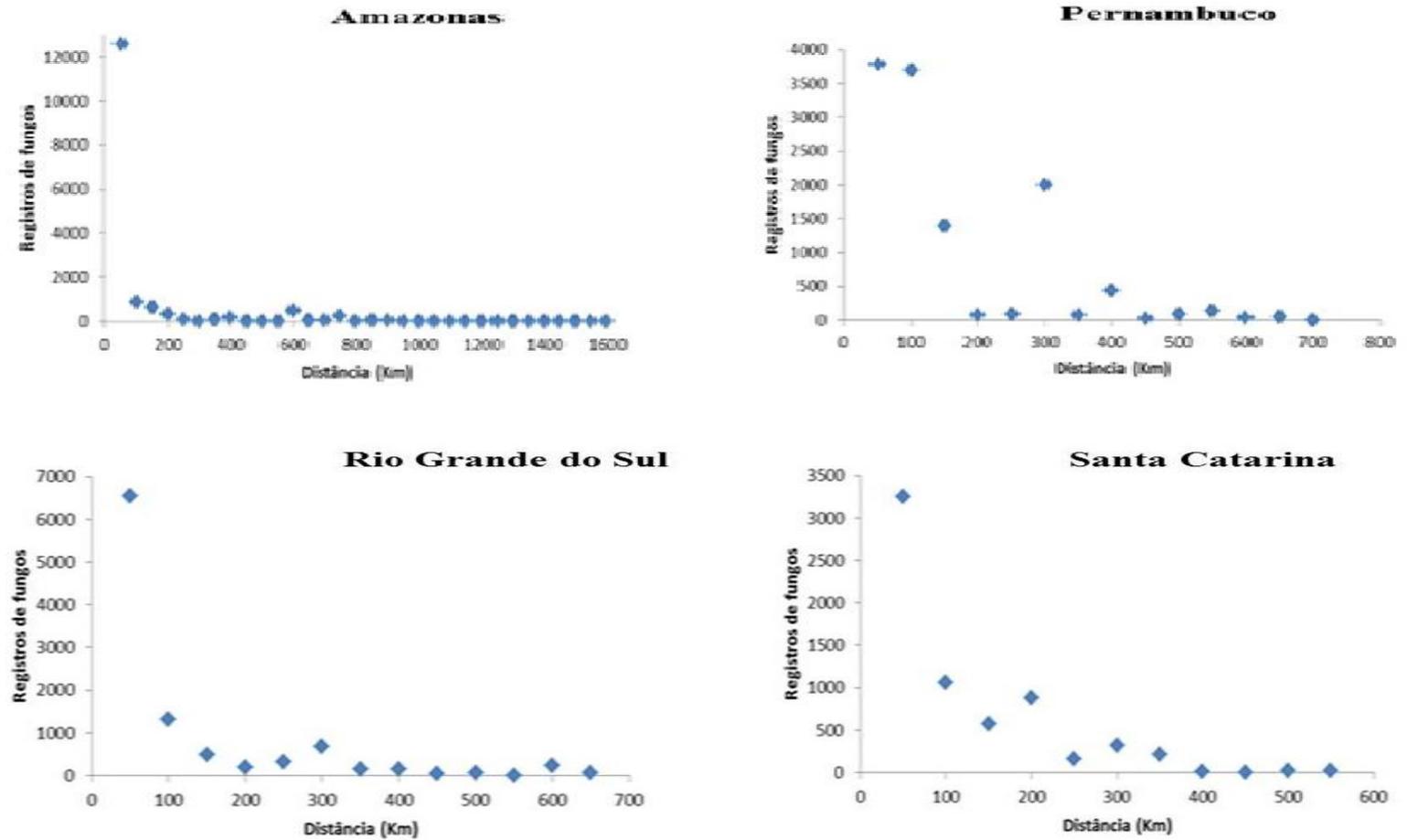
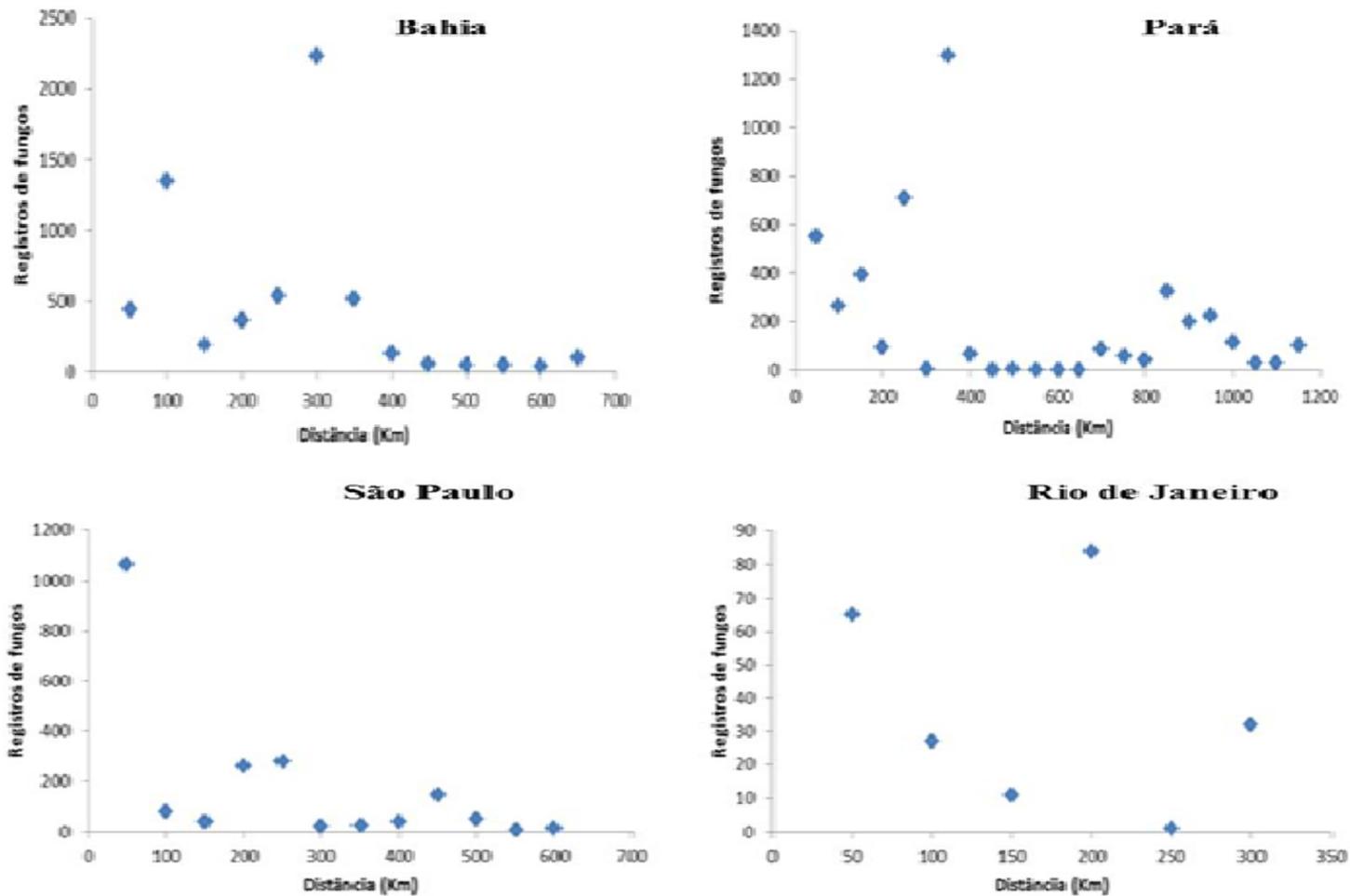


Figura 4 Distribuição dos registros fúngicos nos estados brasileiros em função da distância da principal instituição de pesquisa em Micologia considerada.



## Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas pela Bolsa de Mestrado (Edital 008/2016/CCB) e pela Bolsa de Desenvolvimento Institucional Nível 3 (Edital 008/2017), concedidas ao primeiro autor. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela bolsa de Mestrado (chamada pública 03/2016), concedida ao segundo autor.

## Referências

Collevatti G. 2011. Nós Realmente Precisamos de DNA Barcoding? *Natureza & Conservação*. 9, 105-110.

Feeley KJ, & Silman MR. 2011. The data void in modeling current and future distributions of tropical tree species. *Global Change Biology*. 17, 626–630.

Hortal JBF, Diniz-Filho JAF, Lewinsohn TM, Lobo JM, Ladle RJ. 2015. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics*. 46, 523-549.

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Pós-graduação. Brasil <http://portal.inpa.gov.br/index.php/pos-graduacao>(Acessado em 05 de junho de 2017).

Instituto de Botânica do Estado de São Paulo. Seção de Micologia. Brasil <http://botanica.sp.gov.br/micologia/>(Acessado em 05 de junho de 2017).

Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Laboratório de Micologia. Brasil [http://aplicacoes.jbrj.gov.br/pesquisa/lab\\_mic/index.html](http://aplicacoes.jbrj.gov.br/pesquisa/lab_mic/index.html) (Acessado em 05 de junho de 2017).

Jesus F, Abreu A, Semir J, Solferini VN. 2009. Low genetic diversity but local genetic differentiation in endemic Minasia (Asteraceae) species from Brazil. *Plant Systematics and Evolution*. 77, 187-196.

Junior PM & Siqueira MF. 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista. *Megadiversidade*. 5,65-76.

Lomolino MV. 2004. Conservation biogeography. In: *Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature*. Ed. MV Lomolino, LR Heaney. 4, 293 –296.

Martiny JB, Bohannan BJ, Brown JH, Colwell RK, Fuhrman JA, Green JL, Horner-Devine MC, Kane M, Krumins JA, Kuske CR, Morin PJ, Naeem S, Ovreås L, Reysenbach AL, Smith VH, Staley JT. 2006. Microbial Biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature Reviews Microbiology*. 4, 102 – 112.

Museu Paranaense Emilio Goeldi. Programas. <http://www.museu-goeldi.br/portal/> (Acessado em 05 de junho de 2017).

Raizer J, Brescovit AD, Oliveira U, Santos A. Diversidade e composição da araneofauna do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 2017. v.109, p.1-8.

Silva S. Coeficiente de correlação de postos de Spearman. <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE701/node80.html>(Acessado em 05 de Maio de 2017).

Universidade Estadual de Feira de Santana. Pós-graduação. Brasil, <http://www.uefs.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=11>. (Acessado em 05 de junho de 2017).

Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduação. Brasil, [https://www.ufpe.br/propesq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1208%3Aciencias-biologicas&catid=1%3Aa-propesq&Itemid=137](https://www.ufpe.br/propesq/index.php?option=com_content&view=article&id=1208%3Aciencias-biologicas&catid=1%3Aa-propesq&Itemid=137)(Acessado em 05 de junho de 2017).

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Laboratório de fungos de importância médica e biotecnológica. . Brasil, <http://www.cbiot.ufrgs.br/labfimb/> (Acessado em 05 de junho de 2017).

Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-graduação. Brasil, <http://ppgfap.posgrad.ufsc.br/>. (Acessado em 05 de junho de 2017).

Whittaker RJ, Araújo MB, Jepson P, Ladle RJ, James E, Watson M, Willis KJ. 2005. Conservation Biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions*.11, 3-23.

## **Artigo II - O conhecimento sobre fungos de solos do Cerrado e análise cienciométrica da produção científica**

Thales Antony de Assis Santos<sup>1</sup>

Letícia Mikaelly de O. Moreira<sup>2</sup>

Solange Xavier dos Santos<sup>3</sup>

Este artigo será submetido à revista científica Acta Scientiarum – Biological Science.

### **RESUMO**

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, ocupando a totalidade do Distrito Federal, quase todo o território dos estados de Goiás (97%) e Tocantins (91%) e mais da metade dos estados do Maranhão (60%), Mato Grosso do Sul (31%) e Minas Gerais (57%), além de porções de outros estados como: Amapá, Roraima, Paraná e Amazonas. Este bioma apresenta uma ampla biodiversidade, principalmente no que tange ao campo da variedade de espécies de plantas, bem como os microrganismos, entre eles os fungos, que interagem com os mais diversos substratos, principalmente o solo. Os estudos cienciométricos têm sido muito utilizados para verificar, investigar e desenhar o perfildas tendências científicas dos mais variados temas, utilizando-se de análises profundas e sistematizadas da produção científica. A ciencimetria é um mecanismo de estudo que consegue jogar luz sobre os caminhos das pesquisas. O objetivo desse trabalho foi investigar o perfil das pesquisas sobre fungos do solo de Cerrado, tanto em seu caráter cienciométrico, quando em promover uma síntese sobre esse conhecimento. As publicações analisadas foram obtidos através da busca avançada junto às bases de dados NCBI, Periódicos CAPES, Redalyc, Scielo, Scopus e Web of Science, utilizando os termos de busca: Fungo de solo de Cerrado, Fungi Soil Brazilian Savanna; e Fungi Soil Cerrado, indexados. Considerando os trabalhos publicados entre 1996 e 2016, foram obtidos 43 artigos que atenderam aos critérios da busca. A distribuição temporal dos artigos apresentou um padrão de homogeneidade ao longo dos anos, e percebeu-se também que grande parte dos trabalhos foram desenvolvidos com FMs, utilizando essa relação simbiótica em favor da melhoria da absorção de nutrientes por parte dos cultivos agrícolas. Isso chama a atenção, tendo em vista que nenhum trabalho estava realmente preocupado com questões ambientais.

**Palavras-chave:** Ciencimetria; Fungos de solo; Cerrado.

1 Mestrando do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, UEG. Brasil. antonythales@hotmail.com

2 Mestranda do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde, Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. leticiamikaelly28@hotmail.com

3 Docente da Universidade Estadual de Goiás, Laboratório de Biodiversidade do Cerrado, Anápolis, Goiás, Brasil. solxav@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, ocupando a totalidade do Distrito Federal, quase todo o território dos estados de Goiás (97%) e Tocantins (91%) e mais da metade dos estados do Maranhão (60%), Mato Grosso do Sul (31%) e Minas Gerais (57%), além de porções de outros estados como: Amapá, Roraima, Paraná e Amazonas (IBGE, 2012). Ele se estende por meio de um corredor xérico, até a Caatinga, ocupando também regiões entre as duas maiores florestas úmidas existentes: a Floresta Amazônica e a Floresta Atlântica (Bastos & Ferreira, 2010).

Este bioma apresenta uma ampla biodiversidade, principalmente no que tange ao campo da variedade de espécies de plantas, apresentando um endemismo de 44%, sendo, neste sentido, a mais diversificada savana tropical do mundo. Ainda que menos abordados, entre essa biodiversidade, estão também os microrganismos, interagindo com os mais diversos substratos, principalmente o solo, que pode apresentar mais de 10.000 espécies por grama de solo (Klink & Machado, 2005).

Entre esse microrganismos, os fungos se destacam pela sua versatilidade adaptativa à mudança de fatores como pH, umidade, concentração de determinados elementos, temperatura, dentre outras características tipicamente encontradas no bioma em questão (Aquino & Assis, 2005). Esses fungos também apresentam grande potencial biotecnológico, pois sintetizam inúmeros compostos de importância agrícola, industrial e farmacêutica, como vitaminas, medicamentos, enzimas, além de atuarem no controle de pragas (Goi & Souza, 2006). Muitos destes, microrganismos do solo são usados como bioindicadores de qualidade do solo.

Os estudos cienciométricos têm sido muito utilizados para verificar, investigar e desenhar o perfildas tendências científicas dos mais variados temas, utilizando-se de análises profundas e sistematizadas da produção científica (MACIAS-CHAPULA et al ., 1998). A cienciométrica é um mecanismo de estudo que consegue jogar luz sobre os caminhos das pesquisas, mostrando quem são os autores, artigos, instituições, grupos de pesquisa de um país ou até mesmo mundiais, que buscam avanços científicos e tecnológicos, para uma determinada área pesquisa científica, deixando evidente também quais rumos aquela área de pesquisa tomará no futuro(FERREIRA, et al., 2014).

O objetivo desse trabalho foi investigar o perfil das pesquisas sobre fungos do solo de Cerrado, tanto em seu caráter cienciométrico, quando em promover uma síntese sobre esse conhecimento.

## **METODOLOGIA**

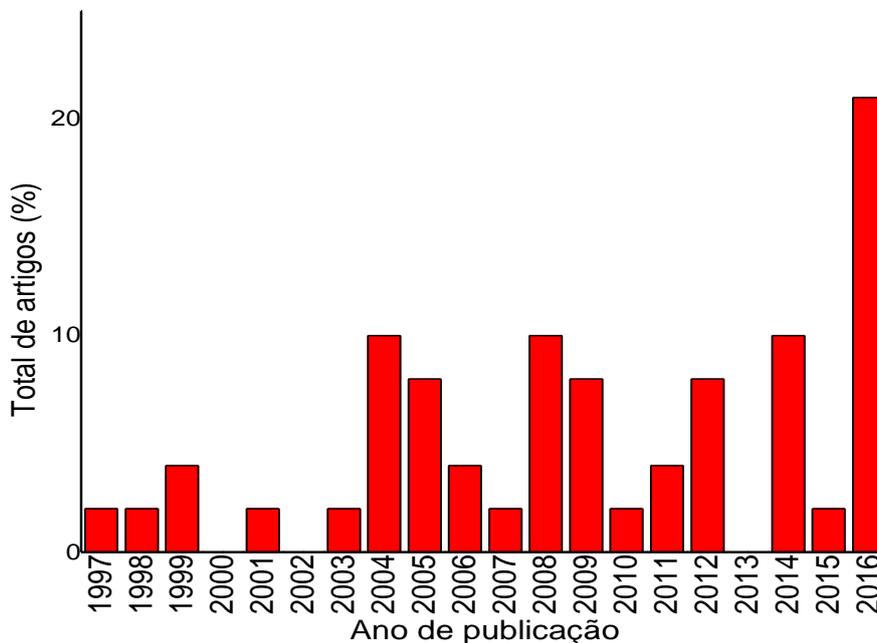
As publicações analisadas foram obtidos através da busca avançada junto às bases de dados NCBI, Periódicos CAPES, Redalyc, Scielo, Scopus e Web of Science, utilizando os termos de busca: Fungo de solo de Cerrado, Fungi Soil Brazilian Savanna; e Fungi Soil Cerrado, indexados. Considerando os trabalhos publicados entre 1996 e 2016.

A análise incluiu: ao ano de publicação, o periódico, os autores, a filiação dos autores, a temática abordada, a localidade amostrada. De acordo com a temática, os artigos foram agrupados em cinco categorias: 1) Fungos micorrízicos (FMs); 2) Diversidade fúngica/Levantamento taxonômico (DF/LT) exceto FMs; 3) Fungos fitopatogênicos (FF) exceto FMs; 4) Aplicação biotecnológica (AP); e 5) Alterações e influência nas características físicas, químicas e biológicas dos solos (AIFQB), exceto FMs.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram obtidos 43 artigos que atenderam aos critérios da busca. A distribuição temporal dos artigos apresentou um padrão de homogeneidade ao longo dos anos, variando de 0a 10% do total a cada ano, exceto em 2016 que representou 21% dos artigos. No entanto, houve mais concentração de trabalhos da segunda década. (Figura 1).

**Figura 1** Distribuição temporal dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado publicados entre os anos de 1996 e 2016.



Um dos motivadores do aumento no número de pesquisas, quando comparamos os anos de 1990 e os anos 2000, pode estar relacionado ao aumento do financiamento em pesquisas, promovidos pelo CNPq e Capes a partir dos anos 2000. Oliveira e Bianchetti (2006) apontam que no segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso (1999-2002), começou a aumentar os investimentos em pesquisa, com a ampliação de financiamento em ciência e tecnologia.

O aumento substancial no número de artigos a partir de 2004, também pode estar relacionado ao aumento significativo nos investimentos em ciência e tecnologia, pois entre 2003 e 2006 houve aumento nos recursos financeiros destinado ao CNPq (Barral-Neto, 2007), elevando-se em 60% o aporte financeiro à pesquisa ou bolsas.

Outro fator importante para o aumento no número de artigos publicados nos anos 2000, pode estar relacionado a popularização da internet. Segundo Cuenca e Tanaka (2005) a influência da internet na dinâmica de comunicação entre os membros da comunidade científica, causa a ampliação das pesquisas, pois facilita a troca de informações e experiências entre os cientistas espalhados pelo Brasil e pelo mundo sem sair do lugar. O compartilhamento dos resultados obtidos nas pesquisas das mais diversas áreas possibilita também, que novas pesquisas sejam desenvolvidas.

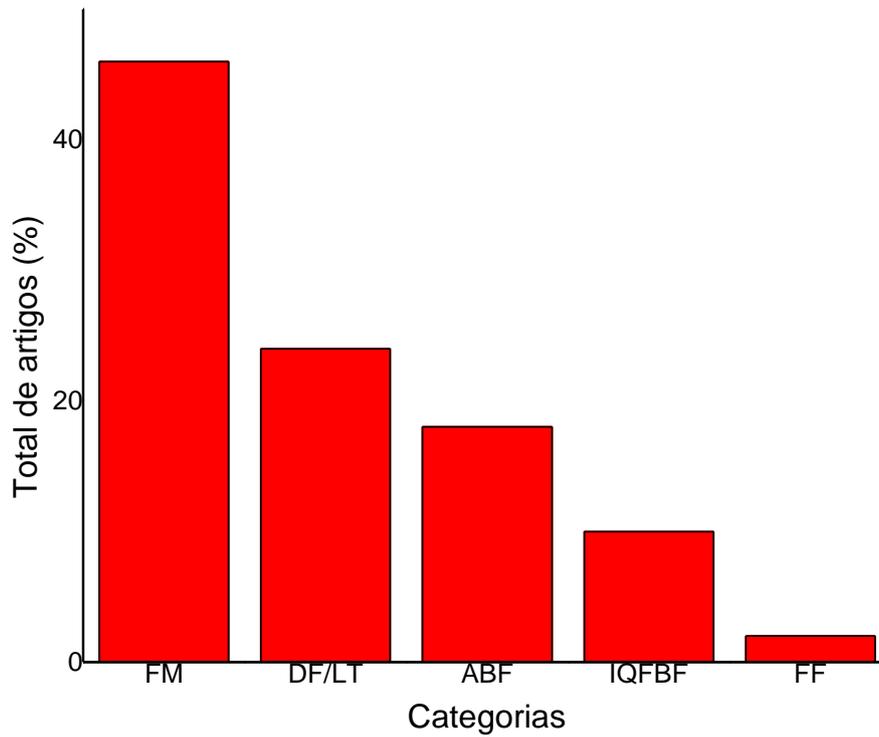
As publicações encontradas estão distribuídas em 27 periódicos. Deste total, há destaque para quatro, que juntos detêm cerca de 42% dos artigos publicados. A Revista Brasileira de Ciência do Solo foi a mais representativa, sendo responsável por 17% dos trabalhos, seguida pela Pesquisa Agropecuária Brasileira com 12%, Ciência e Agrotecnologia (8,5%) e Plos One (4,2%) (Tabela 1).

Em relação às temáticas abordadas nos artigos e como eles se distribuíram nas categorias criadas, foi possível perceber, que o principal foco das publicações (representando 46% dos artigos) foram os FMs, que se manteve frequente nas duas décadas analisadas. A segunda categoria mais frequente foi DF/LT (26% das publicações), seguindo-se as categorias AB (15,5%) e AIFQB (10%) e FF (2,5%) que apareceu em um único ano (Figura 2).

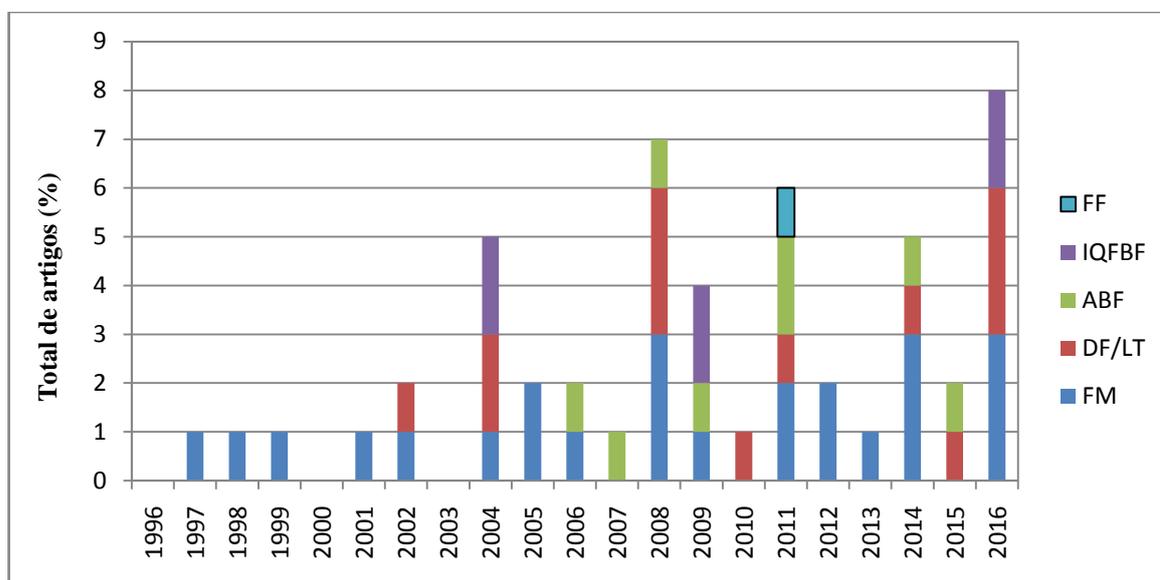
A evolução da temática ao longo dos anos mostrou que os artigos sobre FMs estão presentes em todos os anos em que houve publicações. Os artigos sobre diversidade, levantamento e identificação fúngica aparecem em segundo lugar como os mais frequentes (Figura 3).

Foram contabilizados um total de 175 autores. Onze autores foram responsáveis por 18% dos artigos (Tabela 2).

**Figura 2** Distribuição dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016, segundo o foco principal. FM= Fungos Micorrízicos; DF/LT = Diversidade fúngica e levantamento taxonômico; AB = Aplicação biotecnológica; AIFQB = Alterações e influência sobre atributos físicos, químicos e biológicos dos solos; FF = Fungos fitopatogênicos.



**Figura 3** Distribuição dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016, segundo o foco principal: FM= Fungos Micorrízicos; DF/LT = Diversidade fúngica e levantamento taxonômico; AB = Aplicação biotecnológica; AIFQB = Alterações e influência sobre atributos físicos, químicos e biológicos dos solos; FF = Fungos fitopatogênicos.



**Tabela 2** Periódicos com maior frequência de artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016. Foram considerados apenas os periódicos com pelo menos 2% do total de publicações. Sendo n/43.

Periódico	Total de Artigos (%)
Revista Brasileira de Ciências do Solo	17
Pesquisa Agropecuária Brasileira	12
Ciência e Agrotecnologia	8,5
Plos One	4,2
Outras	58,3

**Tabela 2** – Distribuição, segundo a filiação, dos autores que apresentaram mais de 1% de artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016. Sendo n/200.

Autor	Instituição/ Município/Estado	Total de artigos (%)
José Osvaldo Siqueira	Instituto Tecnológico Vale/Belém /PA	3,5
Marco Aurélio Carbone Carneiro	UFG/Jatáí/GO	2,5
Mateus C. Monteiro de Castro	UFMG/Belo Horizonte/MG	2
Orivaldo José Saggin Júnior	Embrapa Agrobiologia/Seropédica/RJ	2
Ana Maria Rodrigues Cassiolato	Unesp/Ilha Solteira/SP	1,5
Helder Barbosa Paulino	UFG/Jatáí/GO	1,5
Ricardo Henrique Krüger	UnB/Brasília/DF	1

Jeanne Christine C. Miranda	Embrapa Cerrados/Planaltina/DF	1
Sueli da Silva Aquino	Unesp/Ilha Solteira/MG	1
Sidney Luiz Sturmer	FURB/Blumenau/SC	1
Alinne Pereira de Castro	UnB/Brasília/DF	1
Outros	-	82

Considerando a filiação de todos os autores, foram contabilizadas 75 instituições. Destas, 15 se destacaram por terem mais pesquisadores vinculados a elas, sendo citado nos artigos. A Universidade Feral de Lavras foi a que apareceu com maior frequência nos artigos 11,5 seguida pela Universidade de Brasília 9,5 e a Universidade Federal de Minas Gerais em terceiro lugar com 8% (Tabela 3).

Considerando-se os trabalhos que informavam o local de amostragem de fungos, contabilizou-se 36 áreas com coletas (Tabela 4).

**Tabela 3** – Distribuição segundo a localização e frequência, das principais instituições de filiação dos autores dos artigos sobre fungos de solo de Cerrado, publicados entre 1996 e 2016, Foram considerados apenas instituições que representaram mais de 1% das publicações. Sendo n/200.

<b>Instituição</b>	<b>Município/Estado</b>	<b>Frequência</b>
Universidade Federal de Lavras	Lavras/MG	11,5
Universidade de Brasília	Brasília/DF	9,5
Universidade Federal Minas Gerais	Belo Horizonte/MG	8,0
Universidade do Estado São Paulo	Ilha Solteira/SP	7,5
Universidade Federal de Goiás	Jataí/GO	6,0
Embrapa Cerrados	Planaltina/DF	4,0
Embrapa Milho e Sorgo	Sete Lagoas/MG	3,5
Universidade Federal de Goiás	Goiânia/GO	3,0
Universidade Estadual Mato Grosso	Cuiabá/MT	3,0
Instituto Tecnológico Vale	Belém/PA	3,0
Universidade do Oeste do Paraná	Marechal Rondon/PR	3,0
Embrapa Agrobiologia	Seropédica/RJ	2,0
Universidade Federal VJM	Unaí/MG	2,0
Universidade Federal RuralRJ	Seropédica/RJ	1,5
Universidade Federal Santa Catarina	Florianópolis/SC	1,5
Outras	-	30,0

**Tabela 4** Estados, municípios e áreas de coletas de amostras de solo na Região Sudeste do Brasil.

<b>Área de coleta</b>	<b>Estado</b>	<b>Município</b>
Companhia mineira de metais	Minas Gerais	Três Marias
Parque Nacional Serra do Cipó	Minas Gerais	Belo Horizonte
Norte de Minas Gerais	Minas Gerais	Não informado
Fazenda Meleiros	Minas Gerais	Curvelo
Fazenda Belmiro Rocha	Minas Gerais	Morro da Garça
Serra do Espinhaço	Minas Gerais	Diamantina
Não informado	Minas Gerais	Triangulo
Casa de germinação da UFLA	Minas Gerais	Lavras
Não informado	Minas Gerais	Sete Lagoas
Não informado	Minas Gerais	Arcos
Não informado	Minas Gerais	Luminarias
Não informado	Minas Gerais	Passos
Represa de Camargos	Minas Gerais	Itutinga
Instituto Federal Triângulo Mineiro	Minas Gerais	Uberada
Reserva de Cerrado	São Paulo	Curumbataí
Não informado	São Paulo	Jardinópolis
Área experimental de Cerrados	São Paulo	Casa Branca
Reserva Biológica	São Paulo	Mogi Guaçu
Rodovia Washignton Luis Km168	São Paulo	Santa Gertrudes
Cabeceira do Rio Claro	Jataí	Goiás
Não informado	Mineiros	Goiás
Não informado	Goiânia	Goiás
Não informado	Cristalina	Goiás
Não informado	Morrinhos	Goiás
Não informado	Rio Verde	Goiás
Não informado	Planaltina	Goiás

Plano de Assentamento Dirigido - PAD/DF	Planaltina	Distrito Federal
Parque Nacional de Brasília	Brasília	Distrito Federal
Não informado	Porto Nacional	Tocantins
Área experimental da Embrapa Cerrados	Planaltina	Distrito Federal
Fazenda de pesquisa e experimentos da Unesp	Selviria	Mato Grosso
Não informado	Tangará da Serra	Mato Grosso
Embrapa Gado de Corte	Campo Grande	Mato Grosso do Sul
Não informado	Londrina	Paraná
Não informado	Marechal Rondon	Paraná

---

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos foi possível perceber que ainda é baixo o número de artigos publicados. Há majoritariamente pesquisadores, vinculados a instituições, que tem o bioma Cerrado como vegetação nativa. Foi possível perceber também que o conhecimento acerca dos fungos de solo de Cerrado, buscam mensurar e identificar quem são as espécies de fungos presentes nos solos. Percebeu-se também que grande parte dos trabalhos foram desenvolvidos com FMs, utilizando essa relação simbiótica em favor da melhoria da absorção de nutrientes por parte dos cultivos agrícolas. Isso chama a atenção, tendo em vista que nenhum trabalho estava realmente preocupado com questões ambientais.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, H.P., Rodrigues, F.M. & Nabout, J.C. (2010). Análise cienciométrica global em bioindicadores – um panorama das tendências estabelecidas entre os anos 1998 a 2007. *Vita et Sanitas*, 4 (4) 34-41.
- Aquino, A.M & Assis, R.L. (2005). Agricultura orgânica. 2. Agricultura sustentável. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Prática cultural. In: Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Barral-neto, M, Drugowich, J.RF & Camargo, E.P. (2007). O desempenho da C&T no Brasil. Uma análise a partir dos dados do CNPq. *Revista USP*.(73), 48-57.
- Bastos, L.A & Ferreira, I.M.(2010). Composições fitofisionômicas do bioma cerrado: Estudo sobre o subsistema de vereda. *Espaço em Revista*, 12 (1), 97-108.
- Berbara, R.L.L, Souza, F.A & Fonseca, H.M.A.C.(2006). Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da nutrição. *Sociedade Brasileira de Ciências do Solo*, v.1. p.432.
- Colodete, C.M., Dobbss, L.B & Ramos, A.C. (2014). Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. *Natureza online*, 12 (1), 31-37.
- Cuenca, A.M.B & Tanaka, ACDA. (2005). Influência da internet na comunidade acadêmico-científica da área de saúde pública. *Revista de Saúde Pública*, 39 (5), 840-846.

Ferreira, R.B. (2014). *Trends in global scientific literature about biodiesel: ascientometrics analysis. Biosci.* v. 30, supplement 2, p. 547-554.

Goi, S.R & Souza, F.A. Diversidade de microrganismos do solo. (2006). *Floresta e Ambiente.* v.13, n.2, p. 46 – 65.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012).*Manual Técnico da Vegetação Brasileira.* 2ªed revisada e ampliada. 271p.

Joshi, K., Kshitj, A., Garg, K.C. (2010). Scientometric profile of global forest fungal research. *Annalsof Library andInformation Studies.* v.57, p.130-139.

Klink, C.A & Machado, R.B (2005).A conservação do Cerrado brasileiro. *Revista Megadiversidade*, 1(1),147-156.

MACIAS-CHAPULA, C.A. (1998). O papel da informetria e da cienciomtria e sua perspectiva nacional e internacional.*Ciência da Informação.* v. 27, n. 2, p. 134-140.

Oliveira, A & Bianchett, L. (2006). CNPq: política de fomento à pesquisa nos governos Fernando Henrique Cardoso (FHC). *Revista Perspectiva*, 24 (1), 161-182.

Silva, C.J.A & Malta, D.J.N. (2016). A importância dos fungos na biotecnologia. *Ciências biológicas e da saúde*, 2 (3), 49-66.

# Artigo III - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E A ABUNDÂNCIA DA MICROBIOTA DO SOLO DO CERRADO NATIVO E CULTIVADO NO ESTADO DE GOIÁS

Este artigo será submetido à Revista de Agronegócio e Ambiente

Thales Antony de Assis Santos<sup>1</sup>

Leciana de Menezes Sousa Zago<sup>2,3,4</sup>

Werther Pereira Ramalho<sup>2,4</sup>

Georgia Ribeiro Silveira de Sant'Ana<sup>5</sup>

Samantha Salomão Caramori<sup>3,4</sup>

Solange Xavier dos Santos<sup>3,4</sup>

## RESUMO

O solo é um ambiente bastante complexo, resultante da ação dos seres vivos e do clima sobre a rocha matriz. É densamente colonizado por diversas espécies de microrganismos, principalmente fungos e bactérias. Os solos apresentam características físico-químicas e microbiológicas, tais como cor, textura, umidade, pH, densidade de partículas, umidade, atividade microbiana e a composição da microbiota, que formam o perfil histórico de cada solo. A microbiota do solo é um bioindicador de qualidade do solo, pois os microrganismos respondem em curto prazo a mudanças bruscas nas estruturas físicas e químicas, podendo ser muito útil para demonstrar quão perturbado ou estressado o solo se encontra. Os fungos do solo formam com outros microrganismos uma rica comunidade de seres vivos, promovendo diversas interações bióticas e abióticas. As interações interespecíficas entre os microrganismos do solo e outros organismos auxiliam na qualidade ambiental. O presente estudo teve por objetivo investigar se a exploração agrícola, sob diferentes cultivos, afeta os atributos do solo do Cerrado, especialmente nos parâmetros físico, químicos e na abundância da microbiota. Os resultados mostraram que não há diferenças significativas nas características físico-químicas entre os solos de Cerrado nativo e o solo cultivado, independentemente do tipo de cultivo. Seguindo a mesma vertente, não houve diferença significativa no quantitativo de UFCs de fungos entre os diferentes tipos de solo estudados. Isso indica que o manejo sofrido pelos solos cultivados praticamente não alterou os seus atributos físico-químicos, tampouco influenciou a abundância da microbiota edáfica.

Palavras-chave: Fungos de solo; manejo de solo; atributos físico-químicos.

---

<sup>1</sup> Mestrando . antonythales@hotmail.com

## **ABSTRACT**

Soil is a very complex environment, resulting from the action of living beings and the climate on the matrix rock. It is densely colonized by several species of microorganisms, mainly fungi and bacteria, and by macroscopic beings, such as insects, nematodes and plants. The soils present physical-chemical and microbiological characteristics, such as color, texture, humidity, pH, particle density, moisture, microbial activity and microbial composition, which form the historical profile of each soil. The soil microbiota is a bioindicator of soil quality, because microorganisms respond in the short term to sudden changes in physical and chemical structures, and can be very useful to demonstrate how disturbed or stressed the soil is. The fungi of the soil form with other microorganisms a rich community of living beings, promoting diverse biotic and abiotic interactions. Interspecific interactions between soil microorganisms and other organisms help in environmental quality. The objective of the present study was to investigate whether the agricultural exploitation, under different crops, affects the attributes of Cerrado soil, especially in the physical, chemical and abundance parameters of the mycobiota. The results showed that there are no significant differences in the physical-chemical characteristics between native Cerrado soil and cultivated soil, regardless of the type of crop. Following the same slope, there was no significant difference in the amount of fungal CFUs among the different soil types studied. This indicates that the management of cultivated soils practically did not alter their physical-chemical attributes, nor did it influence the abundance of the edaphic mycobiota.

**Keywords:** Soil fungi; soil management; physical-chemical attributes.

## INTRODUÇÃO

O solo é um ambiente bastante complexo, resultante da ação dos seres vivos e do clima sobre a rocha matriz, condicionado pelo relevo, num dado tempo. É densamente colonizado por diversas espécies de microrganismos, principalmente fungos e bactérias, e também por seres macroscópicos, como insetos, nematódeos e plantas. Pode ser considerado o bem mais precioso de um país, pois é nele que são desenvolvidas as principais atividades econômicas que sustentam uma nação, como a agricultura, pecuária, estabelecimento de indústrias, entre outras (SETZER, 1941; IBGE, 2007).

A formação do solo envolve processos físicos (temperatura, pressão, atrito do ar com as rochas), químicos (chuva, ação de substâncias ácidas e básicas) e biológicos (ação de seres vivos, como bactérias, protozoários, fungos), que ocorrem simultaneamente, causando o desgaste da rocha matriz em fragmentos, que vão sendo depositados, e formam camadas com diferentes características. Assim, pode-se analisar o solo levando em consideração as camadas, que são denominadas Horizontes. No horizonte A, encontram-se grande parte da matéria orgânica, raízes de plantas, fungos, bactérias e animais (na maioria insetos); no horizonte também chamado de subsolo, é o mais profundo e abriga um número reduzido de seres vivos (IBGE, 2007).

Os solos apresentam características físico-químicas e microbiológicas, tais como cor, textura, umidade, pH, densidade de partículas, umidade, atividade microbiana e a composição da microbiota, que formam o perfil histórico de cada solo. A cor, por exemplo, indica o período climático majoritário em que o solo foi formado, sendo que solos com coloração avermelhada formaram-se em regimes de chuvas menos intensas, e os solos amarelados, indicam o oposto, formado em um período chuvoso (IBGE, 2007).

A textura refere-se ao tamanho e quantidade dos particulados, que interferem na porosidade e na capacidade de infiltração de água, o que pode favorecer ou não a retenção de água. O pH (Potencial Hidrogeniônico) indica o nível de acidez e basicidade do solo, está relacionado à fertilidade agrícola, favorecendo a tomada de decisões acerca das atividades de correção que o solo deve passar (IBGE, 2007).

A densidade é um indicativo importante das condições de manejo desse solo, indicando o arranjo das partículas, que por sua vez reflete na porosidade do solo. Outro fator importante é a umidade, pois o monitoramento hídrico do solo auxilia na compreensão da qualidade da sua microbiota, bem como na fertilidade de áreas agrícolas (CARDOSO et al., 2011).

A atividade microbiana fornece informações que facilitam a compreensão da qualidade do solo. Pode-se verificar a qualidade biológica do solo, através da respiração basal, que é baseada na liberação de CO<sub>2</sub>, refletindo a atividade respiratória de bactérias, fungos, protozoários e nematoides. A análise da respiração basal do solo pode revelar, também, alterações na qualidade ambiental que estejam afetando a atividade microbiana (SILVA et al., 2007).

A microbiota do solo é um bioindicador de qualidade do solo, pois os microrganismos respondem em curto prazo a mudanças bruscas nas estruturas físicas e químicas, podendo ser muito útil para demonstrar quão perturbado ou estressado o solo se encontra (BEHERA&SAHANI, 2003; ROGERS&TATE III, 2001).

Os fungos do solo formam com outros microrganismos uma rica comunidade de seres vivos, promovendo diversas interações bióticas e abióticas. As interações interespecíficas entre os microrganismos do solo e outros organismos auxiliam na qualidade ambiental. Uma destas interações muito estudada é a simbiose entre fungos e raízes de plantas (Micorrizas). A planta fornece ao fungo carboidratos e outros fatores essenciais ao desenvolvimento e esporulação, enquanto o fungo fornece à planta hospedeira água, nutrientes inorgânicos absorvidos do solo, além de proporcionar aumento no volume e longevidade de raízes e, menor estresse hídrico (JAMARILLO, 2011, SMITH et al. 2011; BERBARA et al, 2006).

Os fungos micorrízicos são importantes indicadores da qualidade do solo, pois qualquer alteração drástica nas características edáficas, estes fungos são diretamente afetados, como mostrado por Caproni et al. (2007). Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) sofrem alterações nas taxas de esporulação e colonização de raízes de plantas, devido alterações nas condições ambientais e de manejo, promovidos por fatores como pH, quantidade de alumínio e até mesmo pela textura argilosa do solo.

O presente estudo teve por objetivo investigar se a exploração agrícola, sob diferentes cultivos, afeta os atributos do solo do Cerrado, especialmente nos parâmetros físico-químicos e na abundância da microbiota.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A área de estudo está situada ao centro-sul do estado de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil. Essa região está inserida no domínio fitogeográfico do bioma Cerrado, e apresenta clima Tropical Chuvoso (Aw), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média de 31°C. A precipitação anual varia de 1400 a 1600 mm (Referência).

### **Obtenção das amostras de solo**

As amostras de solo utilizadas foram fornecidas pelo Laboratório de Biotecnologia do Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás tendo sido coletadas ao longo de uma grade (5,0 x 5,0 m) em 15 parcelas com uma profundidade de 0-10 cm. A amostragem do solo foi realizada em propriedades dos municípios de Anicuns, Inhumas e Itumbiara, conforme Tabela 1.

Em cada município, foram selecionadas três propriedades privadas cada qual contendo um tipo de cultivo agrícola, como milho, soja e cana-de-açúcar, esta última em dois estágios de corte: um com 12 meses sofrendo o primeiro plantio e segundo após o primeiro corte, denominados respectivamente cana planta e cana soca. As amostras foram coletadas dentro de cada parcela, três amostras individuais foram coletadas aleatoriamente e depois homogeneizadas para formar uma amostra composta.

Este procedimento foi feito em todos os locais de amostragem, totalizando seis amostras compostas para cada local de plantação e Cerrado nativo (milho, soja, cana planta, cana soca e solo nativo). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos com fechamento zip locker e armazenadas em refrigerador por até 18 meses, momento da realização das análises.

### **Caracterização físico-química do solo**

#### **Densidade das partículas**

Uma alíquota de 20g da amostra de solo foi depositada em um recipiente de alumínio e mantida em estufa a 105°C, por 12 horas. Após esse período, a amostra foi resfriada à temperatura ambiente e novamente pesada, obtendo-se assim o peso seco, e em seguida analisada a densidade segundo o método de Moreira & Siqueira (2002).

## **Textura**

A análise da textura do solo partiu da utilização de 200g de solo. Uma alíquota de 50g da amostra peneirada foi levada à estufa de circulação forçada de ar a 105°C, por 24 horas. Os procedimentos analíticos e obtenção dos percentuais de Silte, Areia e argila (EMBRAPA 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

## **Umidade**

Uma alíquota de 10g de solo foi colocada em um recipiente de alumínio com massa conhecida e mantida em estufa a 105°C durante 24 horas. Em seguida a amostra foi resfriada em um dessecador, e pesada novamente. Os dados sobre a diferença entre a massa da amostra úmida e a massa da amostra seca foram utilizados para calcular o percentual de umidade (EMBRAPA 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

## **Potencial hidrogeniônico (pH)**

A avaliação do pH do solo foi realizada considerando duas metodologias. Uma utilizando água e a outra  $\text{CaCO}_3$ . Isso se deu pelo fato de haver dois tipos de solo, sendo que a avaliação do pH em água é indicada para o solo sem contribuição de adubo ou complemento, como é o caso do Cerrado nativo, e o pH em  $\text{CaCO}_3$  é indicado para solos que sofreram manejo para agricultura.

O pH do solo em água foi mensurado a partir da adição de 10 mL de água destilada em um erlenmeyer contendo 5 g de amostra solo. A solução foi agitada com bastão de vidro por 30 minutos e o pH foi mensurado com auxílio de um potenciômetro. O mesmo procedimento descrito acima foi utilizado para mensurar o pH do solo em  $\text{CaCO}_3$ , exceto que ao invés da adição de 10 mL água destilada foi adicionado 10 mL carbonato de cálcio (EMBRAPA 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

## **Capacidade de Troca Catiônica (CTC)**

Uma alíquota de 7,5g da amostra de solo foi colocados em um erlenmeyer de 250ml ao qual foram adicionados 150ml de solução KCl. Duas alíquotas de 50 ml do sobrenadante foram utilizadas para a determinação do alumínio extraível, cálcio + magnésio e cálcio trocáveis (EMBRAPA 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

As análises de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica foram realizadas pelo Laboratório Terra em Goiânia – GO. Os ensaios referentes à pH, umidade e textura dos solos

foram realizados nos Laboratórios de Microbiologia e Físico-química do Faculdade SENAI Anápolis/GO.

**Tabela 1 Localização dos pontos de coletas de amostras de solo.**

Município	Cobertura do solo	Coordenadas geográficas	
		Latitude	Longitude
Itumbiara	Cana planta e soca	18°23'28.9"	49°19'30.8"
	Soja	18°20'11.6"	49°06'56.9"
	Milho	18°20'42.4"	49°06'39.7"
	Nativo	18°20'09.6"	49°06'55.6"
Inhumas	Cana - Planta e Soca	16°21'23.4"	49°26'56.0"
	Soja	16°16'15.4"	49°32'27.3"
	Milho	16°19'40.3"	49°27'56.9"
	Nativo	16°15'39.2"	49°33'04.6"
Anicuns	Cana - Planta e Soca	16°24'09.2"	49°52'06.8"
	Soja	16°20'04.4"	50°00'04.6"
	Milho	16°22'44.4"	49°57'54.4"
	Nativo	16°25'09.5"	49°52'06.0"

### Diagnóstico da micobiota

O diagnóstico da comunidade fúngica presente nos solos amostrados foi realizado a partir da técnica de isolamento de fungos de solo (Colla, 2008). Considerando uma série de diluições sucessivas de solo:  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$ . Todas as 15 amostras de solos foram diluídas a partir da adição de 1g de solo em 10 mL de solução fisiológica + Tween 80 a 0,1%. Em seguida uma alíquota de 1  $\mu$ l da diluição  $10^{-2}$  foi inoculada sobre a superfície do meio de cultura BDA+ cloranfenicol a 0,025 g/100 mL em placa de Petri de 90x15mm e espalhada com alça de Drigalski. As culturas foram incubadas a  $25 \pm 2^\circ$  C durante 96 h. Após o período de incubação, foram contados o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFCs).

### Abundância da micobiota do solo

A abundância da micobiota foi estimada através do número de Unidades formadoras de colônias (UFC), obtido a partir da técnica de semeadura do solo em meio de cultura e o isolamento dos fungos.

### **Análise estatística**

Foram considerados cinco tratamentos que diferiam de acordo com o tipo de cobertura do solo: cultivo de milho, soja, cana planta, cana soca e Cerrado nativo, de modo que esse último foi considerado controle, pressupondo-se que tenha sofrido menos interferências antrópicas que os solos cultivados. Os municípios foram considerados repetições do mesmo tratamento. Os resultados apresentados correspondem ao valor da média das três repetições.

Foi utilizado o teste Shapiro-Wilk, para verificar se os dados referentes às características físico-químicas e a abundância de UFCs, apresentavam distribuição normal ( $p > 0,05$ ). Para verificar se havia diferença significativa entre as características físico-químicas dos cultivos agrícolas e o Cerrado nativo foram realizados testes de comparação par a par (Zuur et al, 2007). O teste Tukey foi utilizado para comparação entre os tratamentos (nativo e cultivos agrícolas), sendo considerado significativos aqueles com  $p < 0,05$ .

Em relação a verificação se havia diferenças significativas entre o número de UFCs e os cultivos agrícolas e do Cerrado nativo foi realizado o teste Shapiro-Wilk e o teste Kruskal-Wallis foi usado para comparar populações. Foi usado também o teste Tukey, para verificar se havia diferenças significativas entre as médias de UFCs dos cultivos agrícolas/Cerrado nativo, sendo considerado significativo aqueles com  $p < 0,05$ , e o teste ANOVA, para analisar a variância na média de UFCs. Utilizou-se o teste Linear model (LM), para verificar diferenças entre o número de UFCs entre os cultivos agrícolas/Cerrado nativo (Zuur et al, 2007).

Para avaliar a correlação entre as características físico-químicas com a abundância da microbiota foram realizados testes para verificar o fator de aumento da variância. Os valores de Variance Inflation Factor (VIF) inferiores a 3 são desconsiderados, pois podem mascarar a influência de outras variáveis.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Caracterização físico-química**

Os dados dos atributos físico-químicos dos solos estudados estão sumarizados na (Tabela 2).

Os valores das médias das densidades das partículas dos solos são apresentados figura 1. De acordo com o teste Tukey os valores de densidade do solo foram semelhantes entre todos os solos analisados, apresentando  $p > 0,05$  indicando que não há diferença significativa na variância do teste Anova. Esse cenário era de se esperar, pois como

mostraram Cardoso et al. (2011) a densidade das partículas do solo não estão vulneráveis e sujeitas a mudanças causadas pelo manejo.

Os valores médios do pH mensurado em água foram inferiores aos do pH mensurado em  $\text{CaCO}_3$ . O pH em água indica a acidez ativa das amostras de solo e o pH em  $\text{CaCO}_3$  são usados em solos cultivados. Foi possível perceber que quando mensurados em água, tanto o solo Nativo de Cerrado quanto os dos cultivos agrícolas todos apresentaram pH ácido. Quando mensurados em  $\text{CaCO}_3$ , tanto os solos de Cultivos agrícolas quanto o solo nativo de Cerrado, apresentaram pH neutros (Figura 2).

Todas as amostras de solo de Cerrado nativo, apresentaram valor de pH em água ou em  $\text{CaCO}_3$  sem diferenças estatísticas significativas. De acordo com o teste Tukey os valores de densidade do solo foram semelhantes entre todos os solos analisados, apresentando  $p > 0,05$ , tanto no pH em água, quanto em calcário, indicando que não há diferença significativa no teste Anova. Essa constatação é condizente com o esperado, como mostrado Nolla & Anghinoni (2004), que afirmam que solos nativos no Brasil são, em sua maioria, ácidos, e que essa acidez, juntamente com altas concentrações de manganês e alumínio, altera a expansão das raízes e o sistema radicular das plantas.

Os percentuais médios de matéria orgânica dos cultivos e Cerrado nativo variaram entre 1,8 e 3,5% (Figura 3). De acordo com o teste Tukey os valores de matéria orgânica dos solos foram semelhantes entre todos os solos analisados, apresentando  $p > 0,05$  indicando que não há diferença significativa no teste Anova.

As médias dos solos estudados não apresentaram diferenças significativas no teor de umidade, que variou de 8,5 a 9,5% (Figura 4). De acordo com o teste Tukey os valores de umidade dos solos foram semelhantes entre todos os analisados, apresentando  $p > 0,05$  indicando que não há diferença significativa no teste Anova.

A textura apresentada pelas amostras de solo variou entre Franco Argiloso Arenoso, Argiloso e Argilo Arenoso (Tabela 2), demonstrando que em todos os casos, os percentuais de argila e areia se destacaram. Os solos totalmente argilosos são menos permeáveis, favorecendo a retenção de água, sendo, portanto mais úmidos. Já os solos com maiores teores de areia são mais permeáveis, facilitando que a água infiltre nas camadas do solo, sendo consequentemente menos úmidos.

As médias referentes a Capacidade de troca catiônica dos solos (Figura 5) variaram entre 4 e 9,5. Apesar dessa variação o teste Tukey mostrou, que também não há diferenças significativas no teste Anova entre os cultivos agrícolas e Cerrado nativo, uma vez que em todos os casos o  $p > 0,05$ .

**Tabela 2 Características físico-químicas de amostras de solos de áreas de Cerrado nativo e submetido a diferentes cultivos agrícolas em diferentes municípios do estado de Goiás. An: Anicuns; In - Inhumas; It - Itumbiara; FAA = Franco argilo arenoso, A = Argiloso, AA = Argilo Arenoso. Letras minúsculas comparam os cultivos agrícolas e o Cerrado nativo entre linhas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey  $p > 0,05$ .**

Características	Cerrado nativo				Solo cultivado															
					Milho				Soja				Cana-Planta				Cana-Soca			
	An	In	It	Média	An	In	It	Média	An	In	It	Média	An	In	It	Média	An	In	It	Média
<b>Ds(g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,35	2,2	2,3	2,28(±0,07)a	2,3	2,62	2,4	2,44±0,16a	2,1	2,4	2,4	2,43±0,2a	2,2	2,3	2,4	2,3±0,1a	2,3	2,3	2,7	2,3±0,1a
<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	5,5	4,4	5,4	5,16 (±0,6)a	5,2	5,6	5,8	5,56±0,3a	5,3	7,3	6	6,24±0,9a	5,2	5,8	7	6,03±0,8a	4,8	5,1	6,4	5,5±0,8a
<b>pH (CaCO<sub>3</sub>)</b>	7,6	7,2	6,8	7,2(±0,4)a	7,2	6,9	7,1	7,0±0,1a	7,3	8,1	7,2	7,53±0,4a	7,3	7,1	7,6	7,33±0,2a	7,3	7,7	7,7	7,57±0,2a
<b>Umidade (%)</b>	8,5	9	9	8,8(±0,2)a	9,5	9,5	9,2	9,4±0,1 a	9,6	8,5	8,6	8,9±0,6 a	8,5	10	9,8	9,43±0,8 a	9,5	8,9	9,8	9,4±0,4a
<b>MO (%)</b>	2,3	3,1	5,3	3,5±1,5a	4,3	3,1	3,5	3,63±0,6a	2,3	3,1	3,1	2,83±0,4a	1,6	2	2	1,87±0,23a	2	3,9	2	2,63±1,0a
<b>CTC(cmolc/dm<sup>3</sup>)</b>	3	4	5,4	4,13(±1,2)a	10,8	10,5	7,9	9,3±1,2a	5,1	12,1	10,1	9±3,6,0a	6,3	9,7	7	7,6±1,7a	4,5	5,6	7	5,7±1,2a
<b>Silte (%)</b>	10	14	13	12,3(±2)a	15	27	20	20±6,0a	18	15	23	18,6±4,0a	13	22	22	19±5,0a	17	27	26	23±5,0a
<b>Argila (%)</b>	23	32	34	29,6(±5,8)a	34	53	29	38,6±12a	31	27	17	25±7,0a	37	39	42	39±2,5a	34	34	48	38±8,0a
<b>Areia (%)</b>	67	54	53	58(±7,8)a	51	20	51	40±17a	51	58	60	56±4,0a	50	29	36	38±10a	49	39	26	38±11,0a
<b>Textura</b>	FAA	FAA	FAA	-	FAA	A	FAA	-	FAA	FAA	FAA	-	AA	A	A	-		A	A	-
<b>UFCs</b>	36,5	44,5	32	37,6(±6,3)	37,6	37,6	35	36,6(±1,4)	28,0	43,6	33,6	35(±7,9)	47,6	36,3	18,3	34(±14)	27,3	38,3	43,3	36(±8,1)

## Abundância da micobiota

Foram obtidos considerando as três réplicas e suas três pseudoréplicas no cultivo nativo: 336 UFCs. Já o número de UFCs apresentados pelos cultivos agrícolas foram: milho – 322; soja – 316; cana-planta – 308; cana-soca – 327.

Segundo o teste Shapiro-Wilk a distribuição dos dados é normal, pois apresentou com  $p > 0,05$ . Quando comparamos o número médio de UFCs dos cultivos agrícolas/Cerrado nativo, foi possível perceber, que não há diferenças significativas, pois o teste Tukey, apresentou  $p > 0,05$ . Essa similaridade dos dados é demonstrada na figura 6. Foi realizado ainda o teste Kruskal-Wallis qui-quadrado, que apresentou também  $p > 0,05$ , reforçando a constatação que não há diferença significativa. Cabe ressaltar que há um desvio padrão muito alto nas réplicas, o que pode ter interferido ausência de diferença significativa.

Também foi analisado se havia correlação entre as características físico-químicas dos cultivos agrícolas/Cerrado nativo e o número de UFCs, ou seja, se alguma das características físico-químicas poderia favorecer que uma amostra de solo tenha mais ou menos UFCs. Para isso usou-se um teste Tukey para mensurar a significância do teste de variância (Anova), mas essa correlação foi descartada nas análises, pois apresentaram  $p > 0,05$ .

Cabe ressaltar que foi realizado também um teste de Variance Inflation Factor (VIF), neste teste as únicas características físico-químicas que apresentaram tendência em influenciar a abundância da micobiota foram a umidade (Figura 4) e textura (Tabela 3), pois apresentaram  $p < 0,05$ . Os dados indicam que há uma leve tendência de quanto menor a umidade do solo de cultivo agrícola ou nativo, maior a abundância da micobiota (Figura 8). O comportamento dos microrganismos dos solos em relação a altos ou baixos teores de umidade variam de acordo com o grupo no qual é trabalhado. Por exemplo, em relação ao quantitativo de populações de fungos Rodrigues (2011), verificou em estudo realizado com Latossolo amarelo na Floresta Nacional de Caxiuanã/PA, que as populações de fungos são maiores em períodos secos

Essa constatação pode ser explicada, devido ao fato que os esporos coletados nas amostras de solo são células germinativas altamente resistentes, que germinam em condições ambientais adequadas. Sendo assim, pode-se indicar que solos úmidos tendem a ter menos UFCs, devido ao fato de que a maioria dos esporos germinaram, formando colônias, por terem encontrado um ambiente propício. Já os solos secos apresentam mais UFCs por apresentarem menores teores de umidade, acabam forçando os fungos a produzirem células de resistência ao estresse hídrico. Dessa forma os solos com maior percentual de areia em relação à argila, tendem a ser menos úmidos, favorecendo a abundância da micobiota.

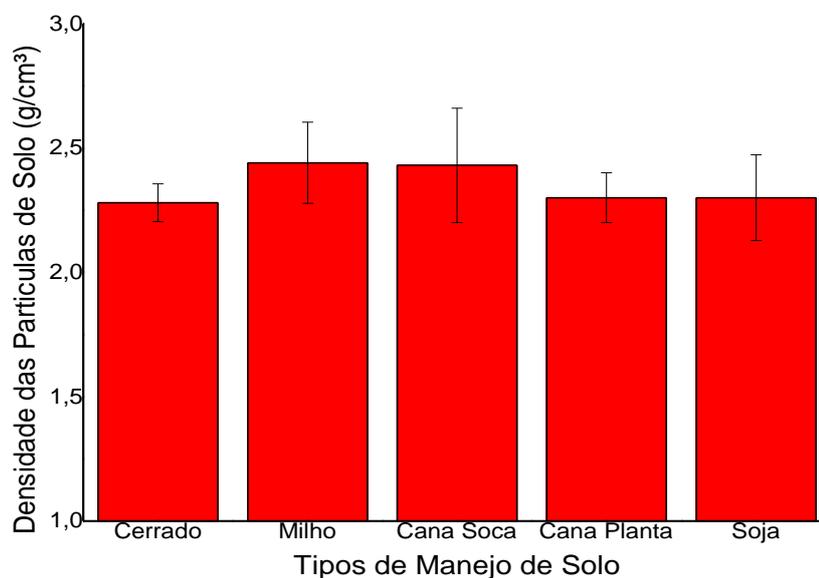
Esse cenário de similaridade dos atributos analisados parece influenciar na abundância de UFCs. Araújo et al. (2007), mostrou que os atributos físico-químicos e biológicos dos solos de pastagem natural, pastagem plantada, floresta de pinus e cultivo convencional foram afetados, quando comparados com solos de Cerrado, e que o solo nativo tem melhor qualidade ambiental o que poderia garantir melhores condições de desenvolvimento de microrganismos dos solos. O pH, por exemplo, pode favorecer a microbiota edáfica, como mostra Antoniolli & Kaminski (1991) o pH baixo (moderadamente ácido) ou neutro do solo pode favorecer o desenvolvimento de fungos endofíticos micorrízicos, como os do gênero *Glomus*.

Além dos atributos físico-químicos as vegetações que cobrem o solo também interferem na microbiota do solo, e até mesmo a latitude causam influência nestes microrganismos. Shi et al. (2013), mostraram que as coberturas florestais, por exemplo, moldam as comunidades fúngicas. Eles vão além e afirmam que a temperatura, a latitude e a diversidade das plantas influenciam fortemente a composição da comunidade fúngica do solo. Outra constatação relevante, é que os resultados apresentados por eles indicam que a diversidade da comunidade fúngica é maior em áreas com menos árvores, e que os grupos de fungos, que aparecem com mais frequência em solos subtropicais são diferentes dos que aparecem em florestas temperadas. Fungos ectomicorrízicos dominam áreas frias, e os fungos micorrízicos são mais frequentes em ambientes quentes.

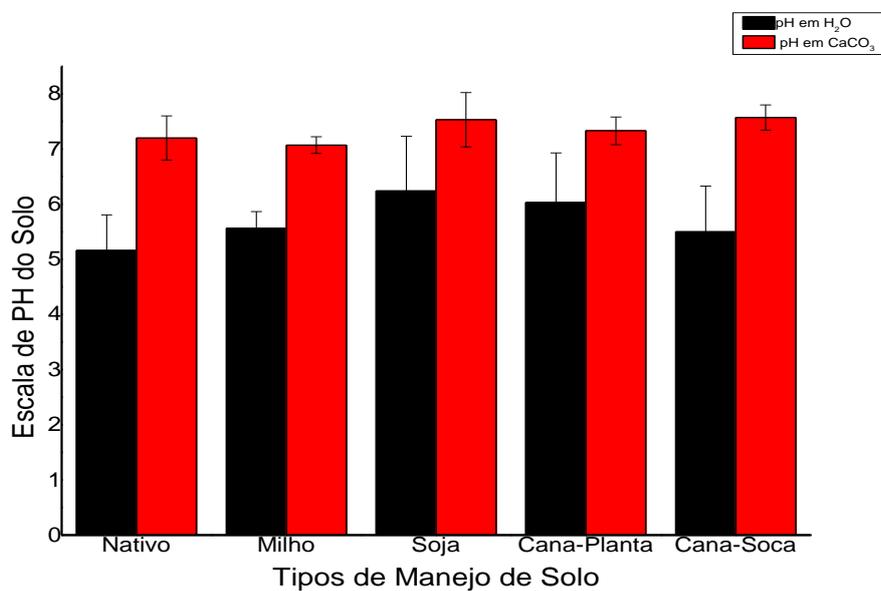
**Tabela 3** Número médio de Unidades Formadoras de Colônias por cultivos agrícolas e solo nativo em três municípios goianos.

Solo	Localidade	Média de UFCs
Nativo	Anicuns	36,5
	Inhumas	44,5
	Itumbiara	32,0
Milho	Anicuns	37,6
	Inhumas	48,0
	Itumbiara	35,0
Soja	Anicuns	28,0
	Inhumas	43,6
	Itumbiara	33,6
Cana-Planta	Anicuns	47,6
	Inhumas	36,3
	Itumbiara	18,3
Cana-Soca	Anicuns	27,3
	Inhumas	38,3
	Itumbiara	43,3

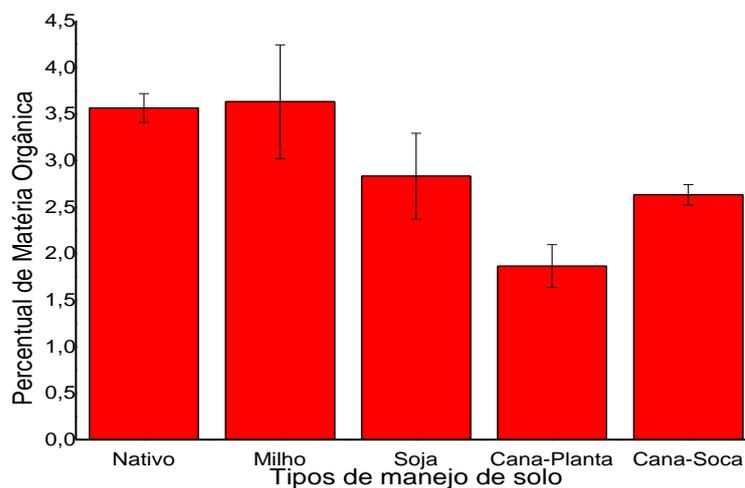
**Figura1** Densidade das partículas do solo do Cerrado nativo e cultivado diferentes municípios no estado de Goiás.



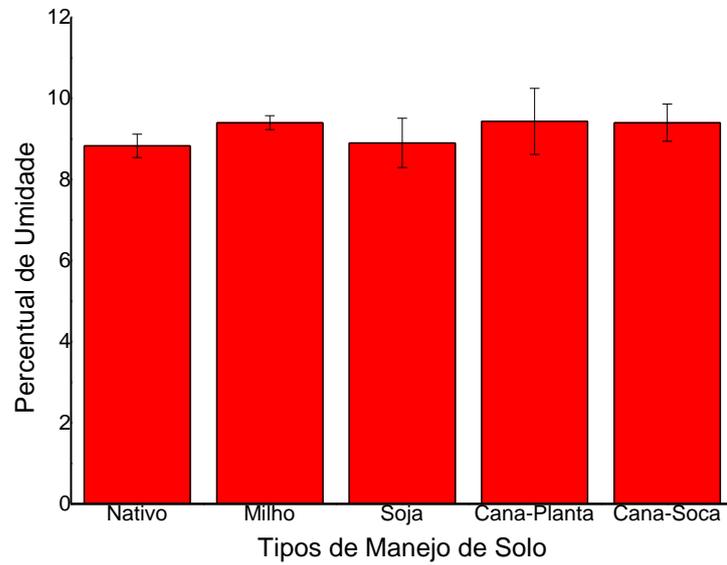
**Figura 2** pH de amostras de solo do Cerrado nativo e cultivado diferentes municípios no estado de Goiás



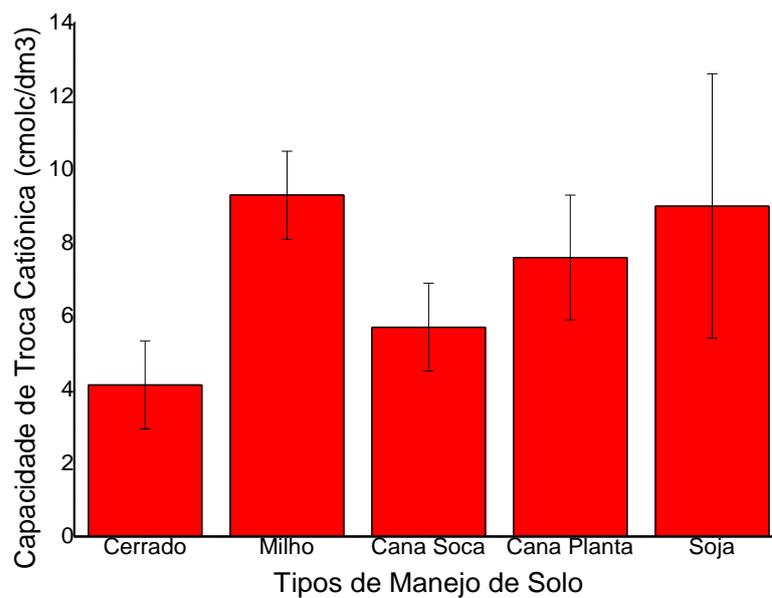
**Figura 3** Percentuais médios de Matéria orgânica de solo do Cerrado nativo e cultivado diferentes municípios no estado de Goiás.



**Figura 4** Percentuais médios de Umidade do solo Cerrado nativo e cultivado diferentes municípios no estado de Goiás.



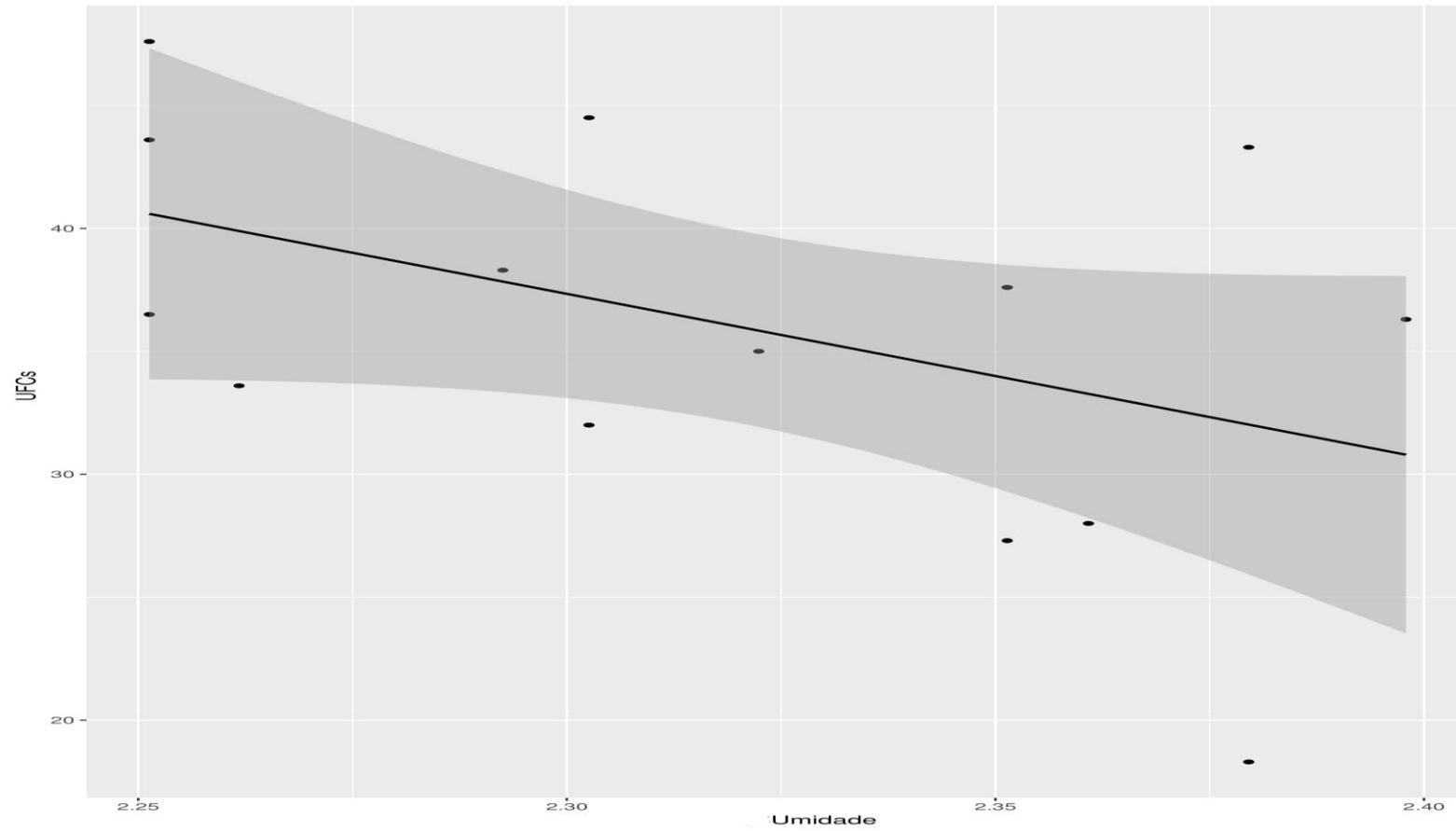
**Figura 5** Valores médios de Capacidade de troca Catiônica de do solo Cerrado nativo e cultivado diferentes municípios no estado de Goiás.



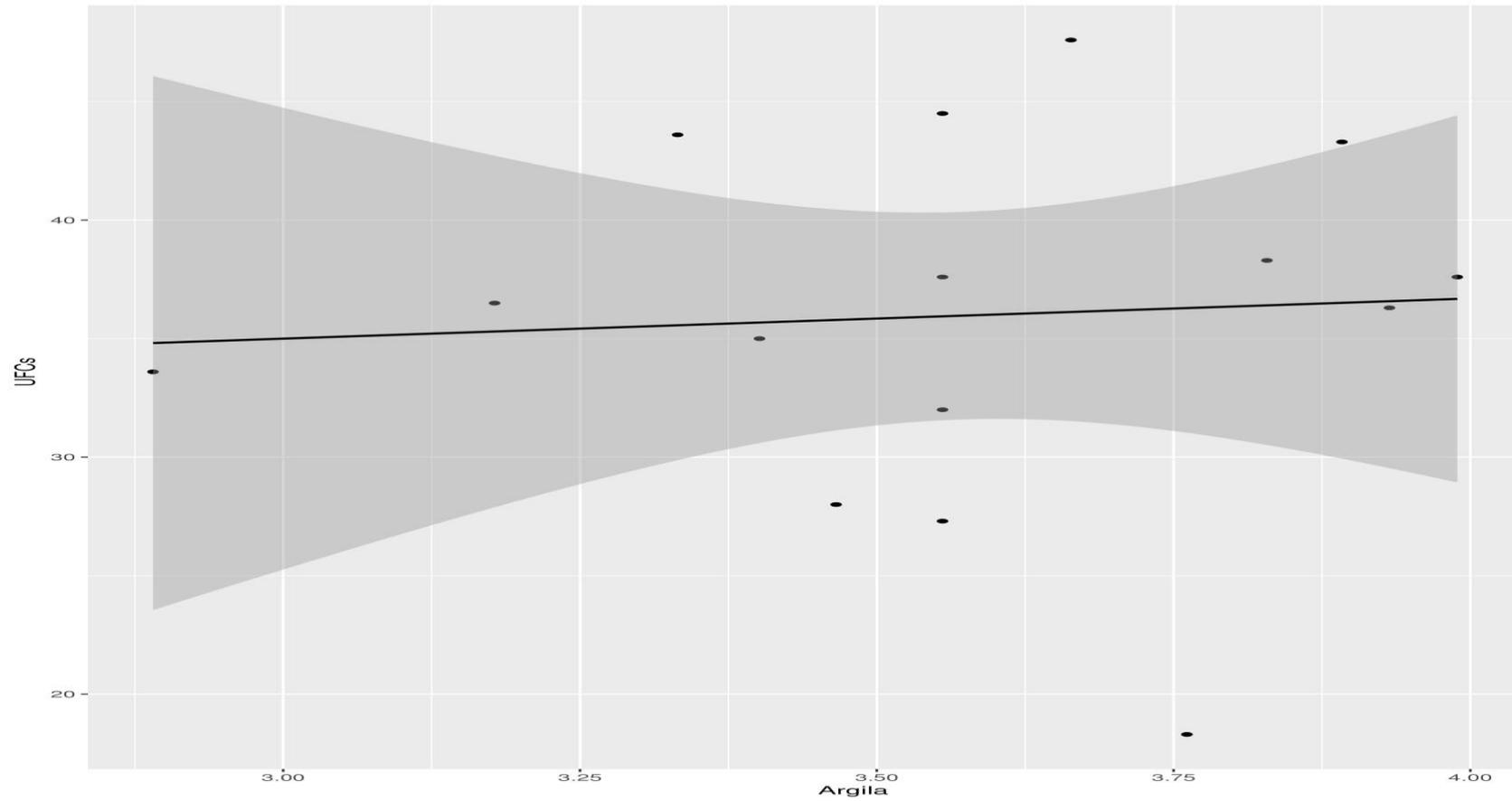
**Figura 6** Boxplot das médias de Unidades Formadoras de Colônias por cultivos agrícolas e solo nativo em três municípios goianos.



**Figura 7** Relação entre o número de Unidade Formadoras de Colônias (UFC) e teor de umidade do solo.



**Figura 8** Relação entre o número de Unidade Formadoras de Colônias (UFC) e teor de argila da amostra de solo.



## **Conclusão**

Os resultados mostraram que não há diferenças significativas nas características físico-químicas entre os solos de Cerrado nativo e o solocultivado, independentemente do tipo de cultivo. Seguindo a mesma vertente, não houve diferença significativa no quantitativo de UFCs de fungos entre os diferentes tipos de solo estudados. Isso indica que o manejo sofrido pelos solos cultivados praticamente não alterou os seus atributos físico-químicos, tampouco influenciou a abundância da microbiota edáfica. No entanto houve indícios de uma tendência que a abundância da microbiota sofre influência da umidade e da textura do solo, pois quanto menor a umidade, maior foi o quantitativo de UFCs e quanto maior o percentual de argila do solo menor o quantitativo de UFCs. Isso provavelmente decorra do fato de que em ambientes secos os fungos, tendem a produzir esporos para resistirem a essa situação adversa, e quando encontram um ambiente úmido, esses esporos germinam formando colônias.

Esse trabalho analisou de forma pontual a influência do manejo do solo sobre a população fúngica, por isso não foi possível fornecer informações mais conclusivas sobre a relação entre o manejo e a microbiota edáfica, uma vez que para se chegar a essas informações mais conclusivas, se faz necessário a realização de análises voltadas à análises sobre riqueza e composição das espécies encontradas nos cultivos agrícolas e no Cerrado nativo, pois assim, será possível, verificar quais áreas apresentam mais ou menos espécies fúngicas. Quais espécies fúngicas são raras, acontecendo em cultivos agrícolas específicos, ou que por ventura aparecem apenas no solo nativo.

## **5 REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, R. GOEDERT, W.J. LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2007. v.5, pp. 1099-1108.

ANTONIOLLI, Z.I & KAMINSKI, J. **Micorrizas.** Ciências Rural. 1991. v.21, n.3, p.441-455.

BELAI, H.T. RAMOS, F.T. MAIA, J.C.S. **Alterações físico-químicas em um Neossolo Quartzarênico órtico pela aplicação de subprodutos de indústria sucroalcooleira.** Global Science and Technology.2013, v. 06, p.82 – 94.

BEHERA, N & SAHANI, U. **Soil microbial biomass and activity in respons to Eucalyptus plantation and natural regeneration on tropical soil.**Forest Ecology and Management. 2003. v. 174, p. 1-11.

BORGES, S.M. LAZZARI, N. PIMENTEL, I.C. VILA NOVA, M.X. **Diversidade de fungos filamentosos em solo de monocultivo de erva-mate, Ilex paraguariensis St. Hil.** Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais. 2011. v. 09, n. 2, p. 185-194.

CARDOSO, E.L. SILVA, M.L.N. CURI, N. FERREIRA, M.M. FREITAS, D.A.F. **Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-MatoGrossense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2011. v. 35, n. 02, p. 613-622.

CAPRONI, A.L. et al. **Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas.** Actabotanica brasílica. 2007. v. 21, p. 99-106.

COLLA, L.M. PRIMAZ, A.L. LIMA, M. BERTOLIN, T.E. COSTA, J.A.V. **Isolamentos de fungos a partir de solo contaminado com herbicidas triazínicos.** Revista de Ciências Agrótécnicas. 2008. v.32, n.3, p. 809-813.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2007 (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

MARTINS, G.S.L. ABREU, V.P. CAMPOS, A.N.R. **Respiração basal para avaliação da microbiota do solo de sistemas de produção do IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba**. Anais, IV Fórum Regional de Agroecologia. 2011. v.1, p.106-113.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Ecologia do solo**. In: Moreira, F.M.S. Siqueira, J.O. (Ed). Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. P.81-152.

NOLLA, A & ANGHINONI, I. **Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil**. Revista Ciências Exatas Naturais. 2004. v.6, p. 97-111.

O'NEILL, P. **Environmental Chemistry**. London: Chapman & Hall. 1993. v.1 pp. 268p.

ROGERS, B.F & TATE III. **Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in Pineland soils**. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. v.33, n.10, p. 1389-1401.

SHI, L.L, et al. **Variation in forest soil fungal diversity along a latitudinal gradient**. *Fungal Diversity*. 2013. V.64. n.1. p.305-315.

SILVA, E.E et al. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Seropédica-RJ: Comunicado Técnico Embrapa, 2007.

SOUZA, V.C. Silva, R.A. Cardoso, G.D. Barreto, A.F. **Estudos sobre fungos micorrízicos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2006. v.10, n.3, p. 612-618.

SETZER, J. **Avaliação da fertilidade do solo**. *Bragantia*. 1941. V.1. n.5. p.362- 432.

WAKSMAN, S. **Principles of soil microbiology**. In: Baltimore, Williams & Wilkings Company. 2° ed. 1952. 894 p.

## Considerações finais

A presente dissertação apresenta, em linhas gerais, um panorama sobre as características gerais e específicas do Reino Fungi, considerando o referencial teórico. A importância ambiental e econômica deste Reino também demonstrou quão relevantes são os trabalhos que se propõe a estudar em micologia, e quais as relações entre o uso do solo e a micobiota.

A apresentação, mesmo que parcial, do levantamento da distribuição de macromicetos também se mostrou relevante, principalmente, porque foi possível verificar onde estão as principais lacunas no território de estados brasileiro (Amazonas, Pará, Bahia, Pernambuco, São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Outro dado relevante, que foi possível perceber, diz respeito a relação entre a presença de instituições de pesquisa em micologia e uma melhor amostra da distribuição fúngica, mostrando que a existência de instituições de pesquisa garantem uma ampliação do esforço amostral na busca de compreender a distribuição de espécies, diminuindo assim o Déficit Wallaceno.

O estudo cienciométrico também se mostrou relevante, pois com base nele foi possível delinear o perfil das pesquisas com fungos de solo de Cerrado, mostrando quem são os pesquisadores que encabeçam esses estudos, como os trabalhos desenvolvidos por eles, buscam suprir a demanda por conhecimento acerca do papel ambiental, biotecnológico e econômico no que se refere aos fungos de solo de Cerrado. Esse trabalho possibilitou também identificar as instituições que abrigam estes pesquisadores, com quem eles desenvolvem parcerias, quais os assuntos mais abordados, quais as revistas científicas que mais se destacam nesse assunto.

O estudo sobre a relação entre o uso do solo e eventuais alterações nas características físico-químicas e na abundância da população de fungos dos solos, mostrou-se relevante (apesar da limitação em analisar apenas abundância), pois com base nele foi possível verificar um bom número de atributos físico-químicos e um pouco da micobiota de solo de cultivos agrícolas distintos: milho, soja e cana-de-açúcar que são vastamente cultivados no estado de Goiás. Foi possível verificar também os atributos físico-químicos de áreas de Cerrado nativo, que encontram-se dentro de propriedade privadas, e que na verdade formam o denominado fragmentos da vegetação nativa, que ainda resistem em meio à ações antrópicas.

Diante dos resultados pode-se concluir que esse trabalho vem contribuir para a divulgação do conhecimento acerca da distribuição geográficas e biodiversidade dos macro e micromicetos encontrados nos biomas brasileiros.