

Fungos de solo impactado por resíduo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Santarém, Pará, Brasil

A manipueira, líquido extraído durante a prensagem da mandioca, apresenta um alto teor de matéria orgânica e é altamente tóxico – que, se descartado de maneira inadequada, causa danos ambientais. Esta pesquisa buscou identificar a diversidade de fungos presente em solo impactado pela manipueira no município de Santarém, Pará, Brasil. O solo foi depositado em dois recipientes de 20 L e as amostragens aconteceram periodicamente em escala de tempo, antes (solo controle – M1) e depois de depositada a manipueira (solo exposto – M2), nos tempos T0 (dia 1), T1 (15º dia), T2 (30º dia) e T3 (45º dia). Uma amostra foi retirada de cada recipiente nas escalas de tempo até completar 45º dia e as análises ocorreram no Laboratório de Bacteriologia da Universidade Federal do Oeste do Pará. Como resultados, foram isolados um total de 88 fungos, dentre os quais, 41 morfotipos foram obtidos da amostra do solo M1 e 47 morfotipos do solo ensaio. Dentre os fungos identificados os mais frequentes, no solo M2 foram *Geotrichum* sp. (30%) e *Rhizopus* sp. (17%). No solo da amostra M1 destacaram-se *Penicillium* sp. (27%) e *Cunninghamella* sp. (20%). Houve uma maior diversidade no tratamento M2 do que no tratamento M1. Os fungos vivem no solo e desempenham funções-chaves para a manutenção da vida da terra, portanto, enfatiza-se a importância de estudos que venham identificar a microbiota presente e atuante em efluentes tóxicos, pois estas podem conter características que poderiam vir a mitigar os danos ocasionados pela contaminação de ambientes, revelando importantes relações ecológicas e aplicações biotecnológicas.

Palavras-chave: Manipueira; Efluente de mandioca; Microbioma.

Soil fungi impacted by cassava residue (*Manihot esculenta* Crantz) in Santarém, Pará, Brazil

Manipueira, a liquid extracted during the pressing of cassava, has a high content of organic matter and is highly toxic – which, if discarded improperly, causes environmental damage. This research sought to identify the diversity of fungi present in soil impacted by manipueira in the municipality of Santarém, Pará, Brazil. The soil was deposited in two 20 L containers and sampling took place periodically on a time scale, before (control soil - M1) and after the manipueira was deposited (exposed soil - M2), at times T0 (day 1), T1 (15th day), T2 (30th day) and T3 (45th day). A sample was taken from each container on time scales until the 45th day and the analyzes took place in the Bacteriology Laboratory of the Federal University of Western Pará. As a result, a total of 88 fungi were isolated, among which, 41 morphotypes were obtained from the M1 soil sample and 47 test soil morphotypes. Among the fungi identified, the most frequent in soil M2 were *Geotrichum* sp. (30%) and *Rhizopus* sp. (17%). In the soil of sample M1, *Penicillium* sp. (27%) and *Cunninghamella* sp. (20%). There was greater diversity in treatment M2 than in treatment M1. Fungi live in the soil and perform key functions in maintaining life on earth, therefore, the importance of studies that identify the microbiota present and active in toxic effluents is emphasized, as these may contain characteristics that could mitigate damage. caused by environmental contamination, revealing important ecological relationships and biotechnological applications.

Keywords: Manipueira; Cassava effluent; Microbiome.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **16/10/2022**

Approved: **27/10/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ana Clara Ribeiro Morais 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3136752167998786>
<http://orcid.org/0000-0003-0006-4840>
morais.acr17@gmail.com

Rídel Rodrigo Silva Fernandes 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3506458183243460>
<http://orcid.org/0000-0002-8181-4625>
ridelrodrigo1995@gmail.com

Andresa Krislany Ferreira Martins 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2342554663780207>
<http://orcid.org/0000-0001-5413-3077>
andresa.krislany@yahoo.com.br

Eveleise Samira Martins Canto 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2851250330249260>
<http://orcid.org/0000-0002-3439-6643>
eveleisesamira@hotmail.com

Andreza da Silva Peixoto 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2222990032367605>
<http://orcid.org/0000-0003-0740-8386>
andrezapeixoto9@gmail.com

Tony Marcos Porto Braga 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0529014960966788>
<http://orcid.org/0000-0002-5430-9754>
tonybraga@hotmail.com

Graciene do Socorro Taveira Fernandes 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9121021285937589>
<http://orcid.org/0000-0002-2710-4251>
gracienefernandes@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0020

Referencing this:

MORAIS, A. C. R.; FERNANDES, R. R. S.; MARTINS, F. A. K.; CANTO, E. S. M.; BRAGA, T. M. P.; FERNANDES, G. S. T.. Fungos de solo impactado por resíduo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Santarém, Pará, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.10, p.258-271, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0020>

INTRODUÇÃO

Conhecida popularmente como aipim e macaxeira, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta perene pertencente à família Euphobiaceae. Destacam-se como principais características sua adaptação a solos pobres e condições climáticas adversas (ALVES, 2002).

No Brasil, é distribuída em todo território nacional, especialmente nas regiões Norte e Nordeste e é considerada um dos principais produtos geradores de renda para a agricultura familiar e de subsistência familiar, por ser um alimento de extrema importância sendo utilizada como matéria prima para fécula e seus derivados ou consumida *in natura* (MENDONÇA et al., 2003; EMBRAPA, 2018; CAVALCANTI et al., 2020).

As raízes da mandioca são prensadas para obtenção da farinha ou da fécula, resultando na geração de resíduos sólidos e líquidos. O resíduo líquido, conhecido popularmente como manipueira, é um líquido leitoso de coloração amarelo claro altamente tóxico e com uma grande carga de matéria orgânica, rico em fósforo, potássio, magnésio, nitrogênio, açúcares fermentescíveis, linamarina e amido (DUARTE et al., 2012; SILVA et al., 2018). A linamarina é a substância que dá a toxicidade a planta caracterizando como poluidor, esse material se descartado de forma inadequada no ambiente oferece um alto risco de contaminação gerando impacto ambiental (BOTELHO et al., 2009; CORREIA et al., 2018). Em ambientes aquáticos é responsável pela eutrofização ocasionada pela redução do oxigênio dissolvido e produção de gás cianídrico. No solo causa desequilíbrio dos nutrientes, acompanhado do aumento da salinidade, diminuição do pH e a contaminação de lençóis freáticos, podendo causar mortandade da fauna aquática e dos animais que consomem a água (FIORETO, 1987; WOSIACKI et al., 2002; CAMPOS et al., 2006). Para o reaproveitamento, a manipueira já foi descrita como potencial na fertilização do solo, como pesticida, como nematicida, na fabricação de sabão e tijolos, na produção de biofilmes, produção de biossurfactantes, produção de biogás e adsorção de metais pesados (HORSFALL et al., 2003; NITSCHKE et al., 2004; SILVA, 2009; NASU et al., 2010; SCHLLEMER, 2013; MEIER, 2019).

A alta taxa de microrganismos e macroorganismos faz com que o solo se torne um dos mais importantes reservatórios de biodiversidade do planeta (CARDOSO et al., 2016). Os microrganismos vivem em equilíbrio, formado por interações de fatores abióticos e bióticos, e são responsáveis pela realização de processos chave para a manutenção da vida na Terra auxiliando na fertilização do solo e ciclagem de nutrientes da decomposição da matéria orgânica, mas para isso acontecer, o solo precisa estar em bom funcionamento e boa qualidade em termos condições nutricionais e de temperatura ideal (PRADE et al., 2007; CERETTA et al., 2008; MATTOS, 2015).

Os fungos são seres multicelulares (filamentosos) ou unicelulares (leveduras) e são encontrados em todos os tipos de ambientes, sendo que a maioria vive no solo ou sobre material vegetal morto (LACAZ et al., 2002; CERETTA et al., 2008). Contribuem para a ciclagem de nutrientes, decomposição de matéria orgânica, processos necessários para a manutenção dos ecossistemas, podem agir como agentes de controle biológico e formar simbiose mutualística com plantas e algas (CAVALCANTI et al., 2006; DRESCH et al., 2019). Esses organismos são importantes para o equilíbrio dinâmico do solo (MATTOS, 2015) e sua capacidade de

sobreviver em situações extremas, como o solo impactado com resíduos de manipueira, refletem a capacidade destes em produzir substâncias biorremediadoras, as quais podem degradar diversos compostos recalcitrantes utilizando-os como fonte de energia.

Portanto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a diversidade de fungos cultiváveis presentes em solo amazônico impactado pela manipueira em Santarém, Pará, Brasil.

METODOLOGIA

O solo bruto foi coletado em uma área localizada nas dependências da sede da Universidade Federal do Oeste do Pará (figura 1) e armazenados em dois recipientes de 20L.



Figura 1: Mapa com a localização do solo coletado para a análise, na Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém – Pará. **Fonte:** Google Maps.

O solo do primeiro recipiente não teve contato com o resíduo da mandioca em nenhum período, denominado de tratamento M1. Ao solo do segundo recipiente foi adicionada 5L de manipueira, de modo a deixar encharcado, este correspondeu ao tratamento M2 (Figura 2).



Figura 2A



Figura 2B



Figura 2C

Figura 2: Etapas e processo de preparação do ensaio e coleta das amostras do solo utilizado nas análises. **Figura 2A)** Manipueira; **Figura 2B)** Manipueira sendo depositada no recipiente com solo; **Figura 2C)** Coleta de amostras de solo.

No total, foram realizadas 4 amostragens e aconteceram em escalas de tempo, tanto para o solo do tratamento M1 quanto para o do tratamento M2, este último antes e depois de depositada a manípueira, sendo T0 (1º dia), T1 (15 dias), T2 (30 dias) e T3 (45 dias).

Cada amostra continha 25g do solo, coletado com colher estéril, a uma profundidade de cerca de 20cm da superfície, posteriormente a amostra foi acondicionada em um saco plástico estéril e transportada para o Laboratório de Bacteriologia (Labac) localizado na unidade Tapajós da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Para as análises microbiológicas, foram transferidas 25g de cada amostra do solo em 225 mL de solução salina 0,85% estéril, que correspondeu a diluição 10^{-1} , em seguida 1 mL da amostra diluída, foi transferida para outro tubo de ensaio contendo 9mL de solução salina 0,85% estéril correspondendo a 10^{-2} , e sucessivamente foram obtidas as diluições 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} .

As diluições foram inoculadas em placas de petri contendo meio Sabouraud Dextrose Agar (SDA-KASVI®) acrescido de cloranfenicol com suas respectivas duplicatas, utilizando a técnica de plaqueamento em superfície (*spread plate*). Em seguida, foram acondicionadas em temperatura ambiente por um período de 7 a 15 dias. Durante esse período, foi feito monitoramento diário do crescimento, havendo crescimento significativo foi realizada a contagem padrão em placas foram realizados isolamentos dos morfotipos de cada diluição e de cada amostra. Os fungos isolados após purificados foram preservados pelo método Castellani (CASTELLANI et al., 1939).

Os isolados foram caracterizados fenotipicamente por meio da observação da morfologia macroscópica (coloração do micélio, topografia, tamanho, textura) e microscópica. Para a observação das estruturas de reprodução foi realizado o microcultivo (RIDDEL, 1950) e a leitura das lâminas foi feita através do microscópio óptico, para melhor observação das estruturas foi utilizado corante Azul de Algodão com Lactofenol – AMANN.

Por meio da observação das características morfológicas e comparando com a literatura micológica (LACAZ et al., 2002) dos fungos, realizou-se a identificação ao menor nível taxonômico.

Os resultados foram submetidos a testes para obtenção de índice de diversidade recíproco de Simpson (1/D) e índice de Shannon-Wiener (H'), paralelamente foi realizado ainda o χ^2 , aplicado ao conjunto de dados para saber se o quantitativo de fungos isolados e identificados nas amostras de M1 e M2 são diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram isolados um total de 88 fungos nas amostras de solo dos dois tratamentos, classificados em 15 gêneros dentre os quais, 41 morfotipos foram identificados nas amostras do tratamento M1 e 47 morfotipos nas amostras do tratamento M2.

O solo do tratamento M2, de modo geral foi o que apresentou maior população de fungos (UFC/g). O maior crescimento observado, neste tratamento, foi de $5,5 \times 10^5$ registrado na amostra T1 (15 dias), posteriormente T2 (30 dias) e na T3 (45 dias) apresentaram uma redução nos valores de UFC/g, $3,2 \times 10^5$ e

1,3x10⁵, respectivamente (Figura 3).

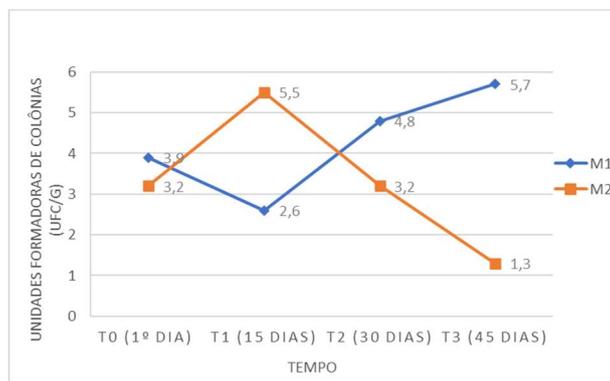


Figura 3: Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g) do solo em relação ao tempo de amostragem dos tratamentos M1 (azul) e M2 (laranja).

A abundância de fungos no solo do tratamento M2, variou de 3,2x10⁴ UFC/g (T0 – 1º dia) e, posteriormente, com 15 dias para 5,5x10⁵ UFC/g, atingindo sua máxima. Após esse período o valor de UFC diminuiu para 1,3x10⁵ UFC/g (T3 – 45 dias). Em M1, as contagens caíram de 3,9 (T0 – 1º dia) para 2,6x10⁴ UFC/g (T1 – 15 dias), aumentou para 5,7x10⁴ UFC/g na última amostragem (T3 – 45 dias).

A rápida taxa de crescimento em M2 pode ter ocorrido devido ao alto teor de carbono e matéria orgânica disponibilizado pela manipueira, além da presença de outros minerais, característica presente em solos adicionados desse resíduo orgânico, o que certamente contribuiu para a proliferação desses microrganismos (IGBINOSA et al., 2015; ENERIJIOFI et al., 2017). No entanto, a diminuição da abundância dos fungos nesse tratamento após ser presenciado uma alta abundância inicial (Figura 3), pode ser explicada pela acirrada competição por nutrientes, tempo de vida útil, e/ou pela acidificação do solo pelo cianeto (AKPAN et al., 2017; IZAH et al., 2017), afetando negativamente microrganismos menos competitivos e que não apresentam fisiologia adaptada a essas condições ambientais na presença de compostos cianídricos.

Entretanto, em trabalhos já publicados já houve isolamento e identificação de fungos em ambientes contaminados por cianeto. Pavlov et al. (2021) utilizaram pedaços de madeira submersos de uma barragem de rejeitos contendo alto teor de ácido cianídrico, dos quais conseguiram isolar o gênero fúngico *Fusarium* em todas as amostras e constataram que a espécie *Fusarium oxysporum* foi a mais promissora atuando na biodegradação deste efluente tóxico. Gêneros fúngicos como *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Scytalidium*, *Trichoderma*, *Cryptococcus* mostraram ser capazes, por meio de vias enzimáticas, converter o cianeto em produtos menos tóxicos e ainda utilizam este composto químico como fonte de nitrogênio e carbono (BARCLAY et al., 1998; MEKUTO et al., 2016; SHARMA et al., 2019).

Segundo Cereda et al. (2000) a composição da manipueira permite maior sucesso no crescimento e permanência de microrganismos anaeróbicos devido a tolerância, destes organismos, ao cianeto, já microrganismos aeróbicos pela expressa sensibilidade a esse composto químico, dificilmente são capazes de tolerar o cianeto, por interferir na formação de adenosina trifosfato (ATP).

O maior número de UFC/g entre as amostras do solo M1 foi na amostra T3 (45º dia) e a menor contagem se deu na amostra T1 (15º dia) (Figura 3), e posteriormente as UFCs foram aumentando ao longo

do tempo até o T3. Esse fato pode estar relacionado ao crescimento de espécies saprofíticas endêmicas presentes no solo e que contribuem na decomposição de polímeros estruturais de plantas como lignina, celulose, hemicelulose possibilitando assim a ciclagem do carbono nestes ambientes (RUEGGER et al., 2004, AHAMED et al., 2008; OSAKI et al., 2012).

Conforme mostra a figura 3, quanto a variação de UFC/g de fungos, quando comparamos, por amostra entre os dois tratamentos, é possível observar que quando há aumento na contagem de UFC/g no tratamento M1, em todas as amostras (T0, T1, T2 e T3), há uma correlata redução UFC/g nas amostras para o tratamento M2, e vice-versa.

Segundo Novaes (2011), a alta demanda de carga orgânica presente na manipueira além do pH parcialmente acidificado pode ser indicado como um substrato para o crescimento e desenvolvimento fúngico, entretanto não oportuniza uma diversidade de fungos.

As leveduras ocorreram apenas nas amostras do solo do tratamento M2, de onde 17 morfotipos foram isolados (Figura 4). Destas, 14 foram classificadas no gênero fúngico *Geotrichum* e 3 isolados de leveduras não foram identificados. Os fungos leveduriformes são resistentes ao cianeto e a presença de açúcares fermentescíveis em ambiente contendo manipueira, pode explicar a presença deste grupo nas amostras do solo M2 (BERG, 2004).

Devido ao descarte da manipueira no solo, houve aumento da matéria orgânica principalmente de açúcares que contribuiu para a crescente presença de leveduras, visto que elas são importantes fermentadoras do resíduo da mandioca (OVEWOLE, 2001) e como consequência ocorreu a diminuição dos fungos filamentosos que foram mais expressivos nas amostras do solo M1 quando comparado com as amostras de M2, totalizando 41 colônias e 30 colônias, respectivamente.

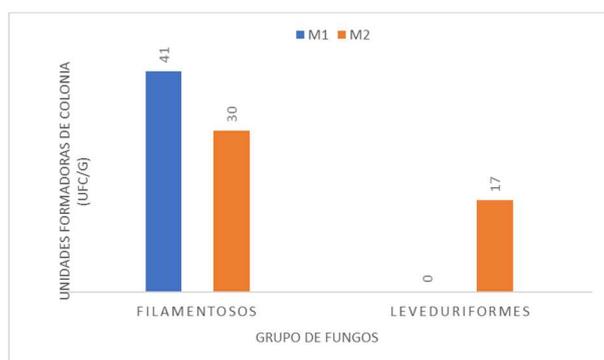


Figura 4: Unidades Formadoras de Colônia (UFC/g) de fungos filamentosos e leveduriformes nas amostras de solo dos tratamentos M1 (azul) e M2 (laranja).

A amostra M2 apresentou maior frequência de táxons isolados do que a amostra M1, com 47 e 41 isolados, respectivamente. Dentre os fungos identificados os mais frequentes, no tratamento M2, foram *Geotrichum* sp. (30%) e *Rhizopus* sp. (17%) e no tratamento M1, destaque se deu para *Penicillium* sp. (27%) e *Cunninghamella* sp. (20%).

Os gêneros fúngicos *Acremonium* sp., *Cladosporium* sp., *Cunninghamella* sp., *Mycelia Sterilia*, *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp. e *Rhizopus* sp. foram identificados entre os diferentes tempos de amostragem, tanto nas amostras de solo do tratamento M1, quanto nas amostras de solo do tratamento

M2. *Aspergillus* sp, *Mucor* sp e *Trichoderma* sp. foram isolados somente no tratamento M1, diferentemente de *Botrytis* sp., *Cephalotrichum* sp., *Geotrichum* sp. e *Humicola* sp. estiveram presentes nas amostras do tratamento M2.

Tabela 1: Frequência de ocorrência - F.A (frequência absoluta) e F. R (frequência relativa - %) - de táxons fúngicos isolados das amostras de solo para cada tratamento (M1 e M2). ND: não identificadas.

Táxon	Tratamentos				Total Absoluto	Total Relativo (%)
	M1		M2			
	F.A.	F. R (%)	F.A.	F.R (%)		
<i>Acremonium</i> sp.	1	2	2	4	3	3
<i>Aspergillus</i> sp.	6	15	0	0	6	7
<i>Botrytis</i> sp.	0	0	1	2	1	1
<i>Cladosporium</i> sp.	1	2	2	4	3	3
<i>Cunninghamella</i> sp.	8	20	3	6	11	13
<i>Cephalotrichum</i> sp.	0	0	3	6	3	3
<i>Geotrichum</i> sp.	0	0	14	30	14	16
<i>Humicola</i> sp.	0	0	2	4	2	2
<i>Mucor</i> sp.	3	7	0	0	3	3
<i>Mycelia Sterilia</i>	2	5	1	2	3	3
<i>Paecilomyces</i> sp.	6	15	3	6	9	10
<i>Penicillium</i> sp.	11	27	5	11	16	18
<i>Rhizopus</i> sp.	1	2	8	17	9	10
<i>Trichoderma</i> sp.	2	5	0	0	2	2
Levedura ND*	0	0	3	6	3	3
Total	41	100	47	100	88	100

O índice de diversidade recíproco de Simpson (1/D) demonstrou maior diversidade no tratamento M2 (6,59) quando comparado com o valor obtido para M1 (6,07). Através do índice de Shannon-Wiener (H') foi obtido os valores de 2,17 para M2 e 1,99 para M1. O índice de proporcionalidade (E) demonstrou que as espécies aparecem distribuídas de forma mais equilibrada em M2 (0,605) do que em M1 (0,559). O χ^2 foi aplicado ao conjunto de dados e para isso o teste mostrou diferenças significativas (α 0,05; p-value < 0,05), rejeitando H0.

Diversos microrganismos identificados neste estudo são reconhecidamente fungos ambientais e normalmente encontrados no solo. Os resultados encontrados nesta pesquisa, corroboram os resultados descritos nos estudos de Enerijiofi et al. (2017) e Okoli et al. (2018), que evidenciaram maior população de fungos no solo contaminado pelo resíduo de mandioca do que no solo controle (sem contaminante), esse aumento no crescimento e proliferação de fungos é explicado pela presença da matéria orgânica.

Entretanto, difere em relação aos tipos de fungos, pois no presente estudo os resultados mostram (Figura 4) mais fungos filamentosos nas amostras de solo M1 e, mais fungos leveduriformes em M2, o que concorda com os achados por (ELIJAH et al., 2016) demonstrando que as leveduras possivelmente possuem mecanismos mais eficientes aos compostos ofertados pela manipueira.

O gênero *Geotrichum* foi encontrado como mais abundante nas amostras de solo, porém exclusivamente nas amostras do tratamento M2. Ao longo do tempo, as espécies desse gênero são classificadas por diferentes autores como fungo leveduriforme (BOUTROU et al., 2004), fungo filamentoso (PITT et al., 2009; SAMSON et al., 2010) e ainda como fungo filamentoso que se assemelha a levedura (POTTIER et al., 2008). No presente trabalho este gênero foi considerado como uma levedura dimórfica.

O gênero *Geotrichum* já foi identificado em amostras de resíduo líquido da mandioca por Elijah et al.

(2016), as espécies identificadas foram *Geotrichum candidum* e *Geotrichum fragans*. Em outros estudos, isolados de amostras de solo contaminado com petróleo bruto e misturado a casca de mandioca foi relatado também a ocorrência deste gênero fúngico (OGU et al., 2015). Segundo Sule et al. (2012) a espécie *G. candidum* foi identificada nas camadas de rizosfera e rizoplano da mandioca. Essa mesma espécie, apresenta potencial para atuar com biorremediação de poluentes com a degradação/transformação dos componentes presentes nos efluentes de lagares de azeitona e efluentes utilizados na indústria têxtil (ASSEES et al., 2009; RAJHANS et al., 2021). A espécie *G. fragans* cultivada em substrato de manipueira produziu compostos voláteis aromáticos, demonstrando capacidade de resistência contra o ácido cianídrico presente na manipueira (DAMASCENO et al., 2001; 2003).

O gênero *Rhizopus*, foi o segundo mais abundante encontrado nas amostras de solo do tratamento M2, muitos estudos de resíduo líquido da mandioca e de solos contaminados com esse efluente relataram a presença deste gênero (OKECHI et al., 2012; SULE et al., 2012; EZE et al., 2015; IGBINOSA et al., 2015; OGU et al., 2015; ABHANZIOYA et al., 2016; AKPAN et al., 2017; ENERIJIOFI et al., 2017; IZAH et al., 2017; OKOLI et al., 2018; OBI et al., 2018; ETTA et al., 2019; ADOMI et al., 2020; SEIYABOH et al., 2020). Além disso, em amostras de petróleo bruto misturado a cascas de mandioca, esse fungo foi encontrado, compondo uma comunidade junto aos fungos *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., e as bactérias dos gêneros *Bacillus* spp. e *Streptococcus* spp., que demonstraram potencial de biorremediação contra agente poluidor (OBIDI et al., 2010). Espécies de *Rhizopus* também já foram cultivadas em substrato de manipueira, para diferentes fins (LIMA, 2013; 2015).

Penicillium foi o gênero mais abundante encontrado nas amostras do solo do tratamento M1. Já foi identificado em vários estudos com manipueira, o que se pressupõe que as espécies deste fungos possuem mecanismos que as façam prosperar em ambiente contaminado com o efluente da mandioca (OBIDI et al., 2010; OKECHI et al., 2012; SULE et al., 2012; EZE et al., 2015; IGBINOSA et al., 2015; OGU et al., 2015; ABHANZIOYA et al., 2016; ELIJAH et al., 2016; AKPAN et al., 2017; ENERIJIOFI et al., 2017; IZAH et al., 2017; OKOLI et al., 2018; OBI et al., 2018; ETTA et al., 2019; ADOMI et al., 2020; SEIYABOH et al., 2020).

O segundo gênero mais abundante encontrado em amostras de solo do tratamento M1 foi *Cunninghamella*, além de ser o mais frequente gênero no conjunto de amostras. A espécie *Cunninghamella bertholletiae* foi isolada da mandioca e demonstrou especial capacidade de resistência ao cianeto (TOMBO et al., 2015). Enquanto a espécie *Cunninghamella elegans* cultivada em substrato de resíduo líquido da mandioca foi capaz de produzir polissacarídeos (BERGER et al., 2014).

Aos demais gêneros fúngicos que ocorreram somente no tratamento M2, além de *Geotrichum* sp., foram isolados *Botrytis* sp., *Cephalotrichum* sp., *Humicola* sp. e leveduras que não foram identificados.

Botrytis spp. já foi detectado em estudo com substrato contaminado com petróleo bruto misturado a cascas de mandioca (OGU et al., 2015) e em amostras de solo da rizosfera de *Manihot esculenta* (SULE et al., 2012).

O gênero *Doratomyces* atualmente é considerado congênico de *Cephalotrichum*, e é referido frequentemente como sinônimo deste último táxon (DENIS et al., 2016b), assim sendo, neste estudo,

Doratomyces será tratado como *Cephalotrichum* do qual já foi relatado em estudo da camada do solo rizosférico e rizoplano da raiz da mandioca (SULE et al., 2012). A ocorrência de espécies desse gênero fúngico, possivelmente, está correlacionada a presença deste gênero neste estudo do solo com manipueira (tratamento M2) nas amostragens de tempo T0 (1º dia) e T1 (15º dia).

Espécies do gênero *Humicola* foram relatadas em camadas de solo próximo à raiz de mandioca (SULE et al., 2012).

As leveduras encontradas neste estudo com exceção do gênero *Geotrichum*, não foram identificadas a níveis taxonômicos, e correspondem a 3 cepas no total de amostras de solo M2, nas amostras de T0 (1º dia) e T1 (15º dia). Leveduras pertencentes a gêneros *Candida*, *Saccharomyces* e *Rhodoturula* foram detectadas em estudos com manipueira (ABHANZIOYA et al., 2016; ELIJAH et al., 2016; IZAH et al., 2017; OKOLI et al., 2018; ETTA et al., 2019; SEIYABOH et al., 2020). As leveduras mostraram como segundo grupo de organismo mais predominante na fermentação da mandioca depois das bactérias ácido-lático (OYEWOLE et al., 1988; ELIJAH et al., 2016). Segundo Oyewole (2001), as leveduras são importantes fermentadoras da mandioca por serem capazes de realizar hidrólise do amido da mandioca em açúcares simples, tornando este nutriente disponível para bactérias realizarem outras conversões, desta forma trabalhariam em forma de consórcio.

Acremonium sp, *Cladosporium* sp., *Mycelia Sterilia* e *Paecilomyces* sp. foram isolados tanto do tratamento M1, quanto do tratamento M2 nos diferentes tempos da amostragem.

Segundo Novaes (2011) e Paulo et al. (2013) *Acremonium* spp. foi identificado em estudos como fungo proveniente da manipueira e em camadas de solo da rizosfera e rizoplano em área de cultivo da mandioca (SULE et al., 2012). Espécies deste gênero são capazes de atuar em biorremediação de detergentes e pesticidas em ambientes contaminados (BHARATHKUMARI et al., 2018; KAUR et al., 2020).

Cladosporium já foi isolado em estudos com a manipueira (NOVAES, 2011; PAULO et al., 2013) e em trabalhos com substratos da mandioca como a casca, e de solo próximas a raiz (SULE et al., 2012; OGU et al., 2015). Algumas espécies apresentaram habilidades que permitem que sejam utilizadas nos processos de biorremediação de álcoois graxos etoxilados (FASEs) e hidrocarbonetos derivados do petróleo (JAKOVLJEVIĆ et al., 2018; KWAJI et al., 2020).

O grupo *Mycelia sterilia* eram caracterizados apenas como fungos ambientais, no entanto, nos últimos anos lhes foram atribuídas importância clínica, por serem agentes causadores de infecção em humanos (POUNDER et al., 2007; SINGH et al., 2013). Este é o primeiro estudo até o momento a reportar *mycelia sterilia* como parte do microbioma de solo contaminado com manipueira.

O gênero *Paecilomyces* foi identificado em estudos de microbioma de resíduo líquido da mandioca por Novaes (2011) e Paulo et al (2013). As espécies *Paecilomyces lilacinus* e *Paecilomyces variotii* revelaram potencial para biorremediação de cádmio e óleo bruto (ZENG et al., 2010; NRRIOR et al., 2017).

Aspergillus sp, *Mucor* sp e *Trichoderma* sp. foram isolados somente no tratamento M1. Espécies destes gêneros apresentam capacidade de produção de metabólitos e despertam o interesse para a indústria biotecnológica (JAKLITSCH, 2009; ZAFRA et al., 2015; KIDWAI et al., 2017; SARDIN et al., 2017; SOOD et al.,

2020; WEI et al., 2020; YOUSSEF et al., 2021).

A comunidade fúngica encontrada no presente estudo apresenta pouca similaridade ao encontrado em outros trabalhos (OKOLI et al., 2018; ETTA et al., 2019; SEIYABOH et al., 2020). Nossos resultados diferem dos de outros trabalhos em relação a frequência da comunidade fúngica proveniente de solo contaminado com manipueira, pois os mais frequentemente relatados registram foram os gêneros *Aspergillus* spp. ou *Mucor* sp. (IZAH et al., 2017; OBI et al., 2018; ADOMI et al., 2020).

O resíduo líquido da mandioca, demonstrou ser importante fonte nutritiva para os fungos presentes no ambiente edáfico, e que ainda, estes organismos possuem características metabólicas que se estudadas suas potencialidades podem ser utilizadas na indústria biotecnológica (ELIJAH et al., 2016). Além disso, a sobrevivência e o sucesso reprodutivo de fungos no substrato contendo manipueira, revelam que a microbiota cultivável ali existente, pode ser uma importante fonte para solucionar ou amenizar problemas ambientais da vida moderna, como na biorremediação deste efluentes (OGU et al., 2015; OBI et al., 2018). Na presente pesquisa há indicação da preferência de alguns fungos para este tipo de resíduo como o gênero *Geotrichum*.

O solo é local de ciclagem de muitos elementos químicos importantes e essenciais para a vida no planeta, e é realizado especialmente pelos microrganismos, desta forma o despejo inadvertido da manipueira nos solos leva a consequências negativas para os seres que vivem neste habitat alterando a função ambiental do ecossistema e, afetando fatores como a composição química, como a de metais pesados, compostos tóxicos, disponibilidade de nutrientes, pH, a própria microbiota em si, dentre outros e por conseguinte o ecossistema.

Portanto, enfatiza-se a importância de estudos que venham identificar a microbiota presente e atuante em efluentes tóxicos, pois estas podem conter características que poderiam vir a mitigar os danos ocasionados pela contaminação de ambientes, revelando importantes relações ecológicas e aplicações biotecnológicas. Dessa forma, sugere-se que novos estudos sejam realizados para elucidar o conhecimento sobre quais microrganismos estão presentes em ambientes em contato com a manipueira, assim com quais as relações ecológicas que estes organismos desempenham e possam vir a desempenhar na ciência e biotecnologia.

CONCLUSÕES

A maior diversidade fúngica foi encontrada no solo com manipueira. *Geotrichum* sp. e *Rhizopus* sp. destacam-se por serem os mais frequentes no solo exposto ao resíduo, *Penicillium* sp e *Cunninghamella* sp. foram os mais frequentes no solo sem o efluente de mandioca.

A manipueira mostrou como um potencial substrato para determinados fungos que conseguiram sobreviver, estes possuem metabólicos que podem vir a ser estudados para solucionar ou amenizar problemas ambientais de diferentes tipos de efluentes que contaminam o ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABHANZIOYA, M. I.; OGBOGHODO, I. A.; OSEMWOTA, I. O.. Effect of cassava mill effluent on microbial population and composition in a soil planted to maize (*Zea mays* L). **Nigeria Journal of Soil Science**, v.26, p.164-170, 2016.
- ADOMI, P. O.; MOROKA, E.. Microbial and Physicochemical Characteristics of Cassava Mill Effluents Receiving Soil in Abraka and Environs, Delta State. **FUPRE Journal of Scientific and Industrial Research (FJSIR)**, v.4, n.1, p.27-35, 2020.
- AHAMED, A.; VERMETTE, P.. Culture-based strategies to enhance cellulase enzyme production from *Trichoderma reesei* RUT-C30 in bioreactor culture conditions. **Biochemical Engineering Journal**, v.40, n.3, p.399-407, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.bej.2007.11.030>
- AKPAN, J. F.; EYONG, M. O.; ISONG, I. A.. The impact of long-term cassava mill effluent discharge on soil pH and microbial characteristics in Cross River State. **Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.2, n.1, p.1-9, 2017.
- ALVES, A. A. C.. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C.. **Cassava: biology, production, and utilization**. CABI Publishing, 2002, p.67-89.
- ASSES, N.; AYED, L.; BOUALLAGUI, H.; REJEB, I. B.; GARGOURI, M.; HAMDI, M.. Use of *Geotrichum candidum* for olive mill wastewater treatment in submerged and static culture. **Bioresource Technology**, v.100, n.7, p.2182-2188, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.04>
- BARCLAY, M.; TETT, V. A.; KNOWLES, C. J.. Metabolism and enzymology of cyanide/metalocyanide biodegradation by *Fusarium solani* under neutral and acidic conditions. **Enzyme and Microbial Technology**, v.23, n.5, p.321-330, 1998. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0141-0229\(98\)00055-6](http://doi.org/10.1016/S0141-0229(98)00055-6)
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L.. **Bioquímica**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- BERGER, L. R. R.; STAMFORD, T. C. M.; ARNAUD, T. M. S.; FRANCO, L. O.; NASCIMENTO, A. E.; CAVALCANTE, H. M. D. M.; MACEDO, R. O.; TAKAKI, G. M. C.. Effect of corn steep liquor (CSL) and cassava wastewater (CW) on chitin and chitosan production by *Cunninghamella elegans* and their physicochemical characteristics and cytotoxicity. **Molecules**, v.19, n.3, p.2771-2792, 2014. DOI: <http://doi.org/10.3390/molecules19032771>
- BHARATHKUMARI, K.; SIVAKAMI, R.. Bioremediation of detergents using limnofungi. **International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)**, v.5, n.4, p.728-730, 2018.
- BOTELHO, S. M.; POLTRONIERI, M. C.; RODRIGUES, J. E. L. F.. Manipueira: um adubo orgânico para a agricultura familiar. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.5, p.1111-1116, 2009.
- BOUTROU, R.; GUÉGUEN, M.. Interests in *Geotrichum candidum* for cheese technology. **International Journal of Food Microbiology**, v.102, n.1, p.1-20, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.028>
- CAMPOS, A. T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E. E.; FRANZENER, G.; SUGUY, M. M.; SYPPERRECKER, V. I. G.. Tratamento de águas residuárias de fecalária por meio de lagoas de estabilização. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.235-242, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-69162006000100026>
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D.. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.
- CASTELLANI, A.. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine & Hygiene**, v.24, n.270-276, 1939.
- CAVALCANTI, J. C. DE M.; LOPES, E. A. P.; SILVA, J. C. S.; LOPES, G. J.. Análise da Composição Química e Metodologia de Obtenção do Melaço da Manipueira. **Diversitas Journal**, v.5, n.3, p.1601-1628, 2020. DOI: <http://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-1165>
- CAVALCANTI, M. A. Q.; OLIVEIRA, L. G.; FERNANDES, M. J.; LIMA, D. M.. Fungos filamentosos do solo em municípios na região Xingó, Brasil. **Acta bot. bras.**, v.20, n.4, p.831-837, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-33062006000400008>
- CEREDA, M. P.; HENRIQUE, C. M.; OLIVEIRA, M. A.; FERRAZ, M. V.; VICENTINI, N.. Characterization of edible films of cassava starch by electron microscopy. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.3, p.91-95, 2000.
- CERETTA, C. A.; AITA, C.. **Biologia do Solo**. Santa Maria: UFSM; NTE; UAB, 2008.
- CORREIA, I. A. D. S.; SILVA, N. B.; SOUZA, A. T.; SCADELAI, A. P. J.. Caracterização da manipueira e possibilidades de tratamento. **Colloquium Exactarum**, v.10, n.especial, p.180-185, 2018.
- DAMASCENO, S.; CEREDA, M. P.; PASTORE, G. M.; OLIVEIRA, J. G.. Production of volatile compounds by *Geotrichum fragrans* using cassava wastewater as substrate. **Process Biochemistry**, v.39, n.4, p.411-414, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00097-9](http://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00097-9)
- DRESCH, F.; LANA, D. F. D.; MACIEL, M. J.. Avaliação das comunidades fúngicas encontradas em amostras de solo: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.6, p.67-76, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0007>
- DUARTE, A. S.; SILVA, Ê. F. F.; ROLIM, M. M.; FERREIRA, R. F. A. L.; MALHEIROS, S. M. M.; ALBUQUERQUE, F. S.. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v.16, n.3, p.262-267, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1415-43662012000300005>
- DENIS, M. S.; GENÉ, J.; SUTTON, D. A.; WIEDERHOLD, N. P.; LIRA, J. F. C.; GUARRO, J.. New species of *Cladosporium* associated with human and animal infections. **Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v.36, p.1-18, 2016. DOI: <http://doi.org/10.3767/003158516X691951>
- ELIJAH, A. I.; ASAMUDO, N. U.. Molecular characterization and potential of fungal species associated with cassava waste. **Biotechnology Journal International**, v.10, n.4, p.1-

15, 2016. DOI:

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca em números**. Congresso de Mandioca. EMBRAPA, 2018.

ENERIJOFI, K. E.; BASSEY, E. S.; FAGBOHUN, G. J.. Assessment of the Impact of Cassava Mill Effluent (CME) on the Microbial Diversity, Physicochemical parameters, and Heavy metal concentrations in the receiving Soil. **Ife Journal of Science**, v.19, n.2, p.399-407, 2017. DOI: <http://doi.org/10.4314/ijfs.v19i2.20>

ETTA, A. B.; VICTOR, O. A.; YOUNG, I. A.; ASUQUO, B. A.; ASIYA, A. M.. Assessment of the effects of cassava mill effluent on the soil and its microbiota in biase local government area of Cross River State, Nigeria. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v.1, n.2, p.34-44, 2019. DOI: <http://doi.org/10.30574/wjarr.2019.1.2.0012>

EZE, V. C.; ONYILIDE, D. M.. Microbiological and physicochemical characteristics of soil receiving cassava effluent in Elele, Rivers State, Nigeria. **Journal of Applied and Environmental Microbiology**, v.3, n.1, p.20-24, 2015.

FIORETTO, R. A.. Manipueira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e a produção de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). **Semina: Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.17-20, 1987.

HORSFALL JÚNIOR, M.; ABIA, A. A.. Sorption of cadmium (II) and zinc (II) ions from aqueous solutions by cassava waste biomass (*Manihot esculenta*, Crantz). **Water Resource**, v.37, n.20, p.4913-4923, 2003. DOI: [10.1016/j.watres.2003.08.020](http://doi.org/10.1016/j.watres.2003.08.020)

IGBINOSA, E. O.; IGIEHON, O. N.. The Impact of Cassava Effluent on the Microbial and Physicochemical Characteristics on Soil Dynamics and Structure. **Jordan Journal of Biological Sciences**, v.8, n.2, p.107-112, 2015.

IZAH, S. C.; AIGBERUA, A. O.. Assessment of microbial quality of cassava mill effluents contaminated soil in a rural community in the niger delta, Nigeria. **EC Microbiology**, v.13, n.4, p.132-140, 2017.

JAKLITSCH, W. M.. European species of *Hypocrea* Part I. The green-spored species. **Studies in Mycology**, v.63, p.1-91, 2009. DOI: <http://doi.org/10.3114/sim.2009.63.01>

JAKOVLJEVIĆ, V. D.; VRVIĆ, M. M.. Potential of pure and mixed cultures of *Cladosporium cladosporioides* and *Geotrichum candidum* for application in bioremediation and detergent industry. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.25, n.3, p.529-536, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.020>

KAUR, P.; BALOMAJUMDER, C.. Bioremediation process optimization and effective reclamation of mixed carbamate-contaminated soil by newly isolated *Acremonium* sp. **Chemosphere**, p.1-12, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125982>

KIDWAI, M. K.; NEHRA, M.. Biotechnological applications of *Trichoderma* species for environmental and food security. In: GAHLAWAT, S. K.; SALAR, R. K.; SIWACH, P.; DUHAN, J. S.; KUMAR, S.; KAUR, P.. **Plant Biotechnology: Recent Advancements and Developments**. Singapore: Springer,

2017. p.125-156.

KWAJI, M. J.; AHMADU, M. O.; AYOADE, B. D.; CYPRIAN, O. I.; IGHODAYE, J. O. O.. Bioremediation of Hydrocarbons from Kaduna Refining and Petrochemical Company Effluents Using *Cladosporium*. **Applied Microbiology Open Access**, v.6, n.167, p.1-6, 2020.

LACAZ, C. S.; PORTO, E.; MARTINS, J. E. C.; HEINS-VACCARI, E. M.; MELO, N. T.. **Tratado de micologia médica**. 9 ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

LIMA, J. M. N.. **Potencial biotecnológico de amostras de Rhizopus na produção de lipídios e biossurfactante utilizando resíduos agroindustriais como substratos**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

LIMA, J. M. N.. **Produção do complexo quitosana-polifosfato em *Rhizopus oryzae* UCP 1506 utilizando substratos agroindustriais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

MATTOS, M. L. T.. Microbiologia do solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O.. **Recurso Solo: Propriedades e Usos**. São Carlos: Editora Cubo, 2015. p.250-272.

MEIER, T. R. W.. **Avaliação no teor de hidrogênio no biogás produzido a partir de manipueira com adição de glicerol residual por biodigestão anaeróbica**. Monografia (Especialização em Análise Instrumental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MEKUTO, L.; NTWAMPE, S. K. O.; AKCIL, A.. An integrated biological approach for treatment of cyanidation wastewater. **Science of the Total Environment**, v.571, p.711-720, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.040>

MENDONÇA, H. A.; MOURA, G. M.; CUNHA, E. T.. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6, p.761-769, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600013>

NASU, E. G. C.; PIRES, E.; FERMENTINI, H. N.; FURLANETTO, C.. Efeito de manipueira sobre *Meloidogyne incognita* em ensaios in vitro e em tomateiros em casa de vegetação. **Tropical Plants Pathology**, v.35, n.1, p.32-36, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1982-56762010000100005>

NITSCHKE, M.; FERRAZ, C.; PASTORE, G. M.. Selection of microorganisms for biosurfactant production using agroindustrial waste. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.35, p.81-85, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1517-83822004000100013>

NOVAES, T. A. C.. Fungos no tratamento de manipueira. Tese (Mestrado – Centro de Ciências de Exatas e Tecnologia, Programa de Pós – Graduação em Tecnologia Ambientais) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2011.

NRIOR, R. R.; JIRIGWA, C. C.. Comparative bioremediation potential of *Mucor racemosus* and *Paecilomyces variotii* on crude oil spill site in Gio Tai, Ogoni land. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**

(IOSRJESTFT), v.11, n.10, p.2319-2402, 2017.

OBI, K. M. U.; APPEH, O. G.; ITAMAN, O. V.; ITAMAN, P. C.. Microbial and physico-chemical analyses of soil receiving cassava mill wastewater in Umudike, Abia State, Nigeria. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v.35, n.2, p.99-107, 2018. DOI: <http://doi.org/10.4314/njb.v35i2.13>

OBIDI O. F.; ONUOHA A. C.; NWACHUKW S. C... Bioremediation of Crude Petroleum Polluted Stagnant Water with Fermented Cassava Steep. **Report and Opinion**, v.2, n.11, p.81-86, 2010.

OGU, G. I.; ODO, B. B. Crude oil bioremediation efficiency of indigenous soil fungal community spiked with cassava peels in niger delta region, Nigeria. **The International Journal of Science and Technoledge**, v.3, n.12, p.19, 2015.

OKECHI, R. N.; IHEJIRIKA, C. E.; CHIEGBOKA, N. A.; CHUKWURA, E. I.; IBE, I. J.. Evaluation of the effects of cassava mill effluent on the microbial populations and physicochemical parameters at different soil depths. **International Journal of Biosciences**, v.2, n.12, p.139-145, 2012.

OKOLI, N. H.; OTI, N. N.; EKPE, I. I.; MBAWUIKE, S. A.. Long-Term Impact of Cassava Mill Effluent on Some Chemical and Biological Properties of Soils. **Malaysian Journal of Soil Science**, v.22, p.101-115, 2018.

OSAKI, F.; NETTO, S. P.. Flutuação da população de fungos sob floresta ombrófila mista e em povoamento de Pinus taeda. **FLORESTA**, v.42, n.4, p.795 -808, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i4.22542>

OYEWOLE, O. B.. Characteristics, and significance of yeasts' involvement in cassava fermentation for 'fufu' production. **International Journal of Food Microbiology**, v.65, n.3, p.213-218, 2001. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00431-7](http://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00431-7)

OYEWOLE, O. B.; ODUNFA, S. A.. Microbiological studies on cassava fermentation for 'lafun' production. **Food microbiology**, v.5, n.3, p.125-133, 1988. DOI: [http://doi.org/10.1016/0740-0020\(88\)90010-X](http://doi.org/10.1016/0740-0020(88)90010-X)

PAULO, P. L.; COLMAN-NOVAES, T. A.; OBREGÃO, L. D.S.; BONCZ, M. A.. Anaerobic Digestion of Cassava Wastewater Pre-treated by Fungi. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, n.169, v.8, p.2457-2466, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12010-013-0153-y>

PAVLOV, I. N.; LITOVKA, Y. A.. Novel Materials for Myco-Decontamination of Cyanide-Containing Wastewaters through Microbial Biotechnology. **Materials Science Forum**, v.1037, p.751-758, 2021. DOI: <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1037.751>

PITT, J. I.; HOCKING, A. D.. **Fungi, and food spoilage**. 3 ed. New York: Springer Science & Business Media, 2009.

POTTIER, I.; GENTE, S.; VERNOUX, J. P.; GUÉGUEN, M.. Safety assessment of dairy microorganisms: *Geotrichum candidum*. **International Journal of Food Microbiology**, v.126, n.3, p.327-332, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.021>

POUNDER, J. I.; SIMMON, K. E.; BARTON, C. A.; HOHMANN, S. L.; BRANDT, M. E.; PETTI, C. A.. Discovering potential pathogens among fungi identified as nonsporulating molds. **Journal of Clinical Microbiology**, v.45, n.2, p.568-571, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1128/JCM.01684-06>

PRADE, C. A.; MATSUMURA, A. T.; OTT, A. P.; PORTO, M. L.. Diversidade de fungos do solo em sistemas agroflorestais de Citrus com diferentes tipos de manejo no município de Roca Sales, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v.15, n.1, p.73-81, 2007.

RAJHANS, G.; SEN, S. K.; BARIK, A.; RAUT, S.. De-colourization of textile effluent using immobilized *Geotrichum candidum*: an insight into mycoremediation. **Letters in Applied Microbiology**, v.72, n.4, p.445-457, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1111/lam.13430>

RIDDEL, R. W.. Permanent stained mycological preparations obtained by slide culture. **Mycologia**, v.42, n.2, p.265-270, 1950. DOI: [10.1080/00275514.1950.12017830](https://doi.org/10.1080/00275514.1950.12017830)

RUEGGER, M.; TORNISIELO, S. T.. Atividade da celulase de fungos isolados do solo da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.27, n.2, p.205-211, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-84042004000200001>

SAMSON, R. A.; HOUBRAKEN, U.; THRANE, U.; FRISVAD, J. C.; ANDERSEN, B.. **Food and Indoor Fungi**. 2 ed. Utrecht: Fungal Biodiversity Centre, 2010.

SARDIN, S. M.; NODET, P.; COTON, E.; JANY, J. L.. *Mucor*: A Janus-faced fungal genus with human health impact and industrial applications. **Fungal Biology Reviews**, v.31, n.1, p.12-32, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.11.002>

SCHLLEMER, M. A.. **Preparação e caracterização de biofilmes à base de manipueira para imobilização de caulinita intercalada com ureia**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SEIYABOH, E. I.; IZAH, S. C.; ENAREGHA, E. B.. Amylase and Protease Activities of Microorganisms Isolated from Cassava Wastewater Contaminated Soil. **International Journal of Agriculture, Environment and Sustainability**, v.2, n.1, p.1-5, 2020.

SHARMA, M.; AKHTER, Y.; CHATTERJEE, S.. A review on remediation of cyanide containing industrial wastes using biological systems with special reference to enzymatic degradation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.35, n.5, p.1-14, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11274-019-2643-8>

SILVA, A. P.. Aproveitamento sustentável da manipueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MANDIOCA, 13. **Anais**. 2009. p.1013-1019.

SILVA, J.; SILVA, F. L. H.; SANTOS, S. F. M.; RIBEIRO, J. E. S.; MEDEIROS, L. L.; FERREIRA, A. L. O.. Produção de biomassa e lipídeos pela levedura *Rhodotorula mucilaginosa* utilizando a manipueira como substrato. **Braz. J. Food. Technol.**, v.21, p.1-6, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/1981-6723.14517>

SINGH, P. K.; KATHURIA, S.; AGARWAL, K.; GAUR, S. N.; MEIS, J. F.; CHOWDHARY, A.. Clinical significance and molecular characterization of nonsporulating molds isolated from the respiratory tracts of bronchopulmonary mycosis patients with special reference to basidiomycetes. **Journal of Clinical Microbiology**, v.51, n.10, p.3331-3337, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1128/JCM.01486-13>

SOOD, M.; KAPOOR, D.; KUMAR, V.; SHETIWIY, M. S.; RAMAKRISHNAN, M.; LANDI, M.; ARANITI, F.; SHARMA, A.. *Trichoderma*: the “secrets” of a multitalented biocontrol agent. **Plants**, v.9, n.6, p.1-25, 2020.

SULE, I. O.; OYEYIOLA, G. P.. Diversity of Fungal Populations in Soils Cultivated with Cassava Cultivar TMS 98/0505. **Journal of Asian Scientific Research**, v.2, n.3, p.116-123, 2012.

TOMBO, E. F. I.; WAXA, A.; NTWAMPE, S. K. O.. Isolation of an endophytic cyanide resistant fungus *Cunninghamella bertholletiae* from (*Manihot esculenta*) and cassava cultivated soil for environmental engineering applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LATEST TRENDS IN ENGINEERING & TECHNOLOGY, 7 (ICLTET'2015). **Annals**. Pretoria, 2015.

WEI, G.; REGENSTEIN, J. M.; LIU, X.; ZHOU, P.. Comparative

aroma and taste profiles of oil furu (soybean curd) fermented with different *Mucor* strains. **Journal of Food Science**, v.85, n.6, p.1642-1650, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1111/1750-3841.15100>

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P.. Valorização de resíduos do processamento de mandioca. **PUBLICATIO UEPG: Ciências Exatas e da Terra, C. Agrárias e Engenharias**, v.8, n.1, p.27-43, 2002. DOI: <http://doi.org/10.5212/publicatio.v8i01.762>

YOUSSEF, F. S.; ALSHAMMARI, E.; ASHOUR, M. L.. Bioactive alkaloids from genus *Aspergillus*: mechanistic interpretation of their antimicrobial and potential SARS-CoV-2 inhibitory activity using molecular modelling. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, n.4, p.1866, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3390/ijms22041866>

ZAFRA, G.; ESPINOSA, D. V. C.. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Trichoderma* species: a mini review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, n.24, p.19426-19433, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11356-015-5602-4>

ZENG, X.; TANG, J.; YIN, H.; LIU, X.; JIANG, P.; LIU, H.. Isolation, identification and cadmium adsorption of a high cadmium-resistant *Paecilomyces lilacinus*. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.39, p.6525-6533, 2010.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.