



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**IGOR VINÍCIUS PIMENTEL RODRIGUES**

**FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO DA LAGUNA DA JANSEN DA ILHA  
DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO**

São Luís  
2017

**IGOR VINÍCIUS PIMENTEL RODRIGUES**

**FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO DA LAGUNA DA JANSEN DA ILHA  
DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de Ciências  
Biológicas da Universidade Federal do Maranhão para  
obtenção do grau de Licenciatura em Ciências  
Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Geusa Felipa de Barros Bezerra.

São Luís-MA

2017

Pimentel Rodrigues, Igor Vinícius.

Fungos filamentosos do solo da Laguna da Jansen da ilha de São Luís do Maranhão / Igor Vinícius Pimentel Rodrigues. - 2017.

87 f.

Orientador(a): Geusa Felipa de Barros Bezerra. Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas,

Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Maranhão, 2017.

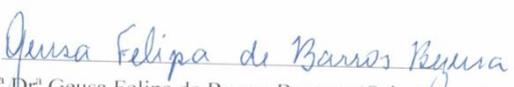
1. *Aspergillus*. 2. Biorremediação. 3. *Penicillium*.  
4. Taxonomia. 5. *Trichoderma*. I. de Barros Bezerra, Geusa Felipa. II. Título.

IGOR VINÍCIUS PIMENTEL RODRIGUES

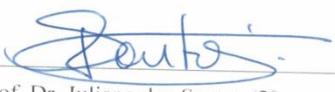
**FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO DA LAGUNA DA JANSEN DA ILHA  
DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO**

Aprovada em 25/01/2017

BANCA EXAMINADORA

  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Geusa Felipa de Barros Bezerra (Orientadora)

  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria do Desterro Soares Brandão Nascimento (1.<sup>ª</sup> examinadora)

  
Prof. Dr. Juliano dos Santos (2.<sup>º</sup> examinador)

A Deus, por sua constante misericórdia.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que me deu a saúde e a força necessária para que eu pudesse exercer todas as atividades a mim impostas durante toda a graduação, incluindo este trabalho de conclusão de curso.

Agradeço também à minha família, que sempre apoiou minha decisão de cursar as Ciências Biológicas, mesmo inicialmente tendo iniciado o curso longe deles. Devo a eles por quem eu sou atualmente. Eles me ensinaram a lutar para alcançar minhas próprias conquistas, ser uma pessoa de bom caráter, a fazer o bem e sempre dar o melhor de mim em tudo o que faço. Agradeço pela minha mãe Iolete Pimentel, por seu amor e cuidado incondicionais. Apesar de não tê-la por perto atualmente, sei que ela torce pelo meu sucesso e me deseja sempre o melhor e quero que saiba que o sentimento é genuinamente recíproco. Agradeço ao meu pai Raimundo Rodrigues, por seus conselhos e apoio paterno também incondicional. Palavras não seriam suficientes para começar a agradecê-lo, só espero que eu consiga retribuí-lo de alguma forma por toda a ajuda e dedicação que o senhor me deu e continua a me dar. À minha irmã Raíssa Izabella, pelo carinho e pelas eventuais brigas fraternais, mas que me ensinaram a ser mais forte.

Agradeço a Deus também pelos meus amigos Rian Felipe, que me ensinou o valor de uma amizade verdadeira, me aconselhou nos momentos necessários e que compartilhou comigo momentos inesquecíveis aos quais levarei por toda minha vida. Ao José Alexandre, que mesmo distante, ainda continua a ser um amigo especial e alvo de meu profundo carinho. Aos meus amigos da graduação: Mairla Colins, Emilly Moraes, Gabriela Almeida, Thalita Moura e Meydson Benjamim, por compartilhar comigo as risadas mais gostosas e os momentos mais divertidos da minha vida acadêmica, Daniella Brito, a estagiária mais organizada e “nerd” do NIBA, e Juliana Barros, companheira de coletas e a pessoa mais meiga que conheci em toda minha vida.

Agradeço a Deus por me permitir ingressar nesta instituição a qual concluirei minha graduação, a todo o corpo docente do Departamento de Biologia, que me forneceram o subsídio necessário para uma formação acadêmico/profissional de excelência. À minha orientadora, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Geusa Felipa, que me aceitou de braços abertos no Laboratório de Micologia e que me apoiou e incentivou em toda a orientação, tornando possível a realização desta monografia. À Profa. Kátia Assunção Borges, por seu fundamental auxílio na taxonomia dos fungos coletados e à Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Silma Regina, que me aceitou como estagiário do Laboratório de Genética e Biologia

Molecular (LabGeM) durante dois anos e que me proporcionou oportunidades importantíssimas, incluindo a auto descoberta profissional. Sou grato ainda ao PET/Biologia, programa no qual fui bolsista e permitiu com que eu desenvolvesse meu potencial acadêmico e construísse valores únicos para a minha moral individual. Em especial à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gisele Azevedo, que foi tutora durante quase toda minha estadia no programa e que me transmitiu valores morais muito importantes à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mayara Ingrid, que, apesar de ser minha tutora durante pouco tempo, também ajudou na transmissão desses valores e sempre se mostrou prestativa, inclusive dando-me a oportunidade de monitorar a cadeira de Biotecnologia. Muito obrigado a todos!

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.*

**José de Alencar.**

## **Fungos filamentosos do solo da Laguna da Jansen da ilha de São Luís do Maranhão.**

### Resumo

Nas últimas décadas tem-se observado uma intensificação dos problemas ambientais, que vêm se tornando cada vez mais críticos e frequentes devido ao crescimento populacional. Um dos ecossistemas mais impactados da ilha de São Luís do Maranhão é a Laguna da Jansen, importante ponto turístico e que vêm sofrendo ações antrópicas tais como despejo de dejetos domiciliares (esgoto) em seu corpo d'água. Como consequência, esse ambiente aquático passa a ser eutrofizado, isto é, acumula gradativamente uma alta concentração de matéria orgânica que, em última instância, acaba afetando toda a cadeia trófica desse ecossistema, incluindo durante esse processo, o acúmulo de poluentes no solo adjacente. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo isolar e identificar fungos filamentosos do solo da Laguna da Jansen. Para isso, foram realizadas coletas mensais do solo que posteriormente foram processadas utilizando-se a técnica de suspensão seriada de acordo com Clark (1965) modificada. Os gêneros isolados foram: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Gliocladium*. *Aspergillus niger* foi a espécie dominante (35%), seguida de *A. tamarii* (21%), *Penicillium citrinum* (10%), *Aspergillus flavus* (8,7%) e *Trichoderma koningii* (7,7%). Na literatura científica tais gêneros também foram encontrados em ambientes que sofrem algum grau de poluição. Os resultados concordam com trabalhos existentes onde estes fungos são citados pelo seu potencial biotecnológico e biorremediador. Portanto, consideramos que: *Aspergillus* é o gênero fúngico de maior dominância no solo da Laguna da Jansen e que a presença dos fungos anteriormente citados servem de orientação para futuras ações de biorremediação nesta área estudada, medidas essas que se fazem urgentes, visto que a Laguna da Jansen é um importante ponto turístico de São Luís e a poluição que se encontra nesse ecossistema representa um desperdício de seu potencial turístico. Por isso, os fungos isolados passaram a fazer parte da coleção de fungos da Universidade Federal do Maranhão, onde poderão ser utilizados futuramente em estudos de biorremediação, bioprospecção, dentre outros, para melhorar a própria área estudada.

Palavras-chave: Biorremediação, Taxonomia, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*.

## **Filamentous fungi isolated from Jansen Lagoon's soil of the island of São Luís - Maranhão.**

### Abstract

In recent decades there has been an intensification of environmental problems, which are becoming increasingly critical and frequent due to population growth. One of the most impacted ecosystems on the São Luís of Maranhão island is the Jansen Lagoon, an important tourist spot, which has suffered, for decades, anthropogenic actions such as the dumping of household waste (sewage) in its body of water. As a consequence, this aquatic environment becomes eutrophic, that is, gradually accumulates a high concentration of organic matter that ultimately affects the entire trophic chain of this ecosystem, including during this process, the accumulation of pollutants in the adjacent soil. In this regard, the present work aimed to isolate and identify filamentous fungi from the soil of the Jansen Lagoon. For this, monthly soil samples were collected and later processed using the modified suspension technique according to Clark (1965). The isolated genera were: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Fusarium* and *Gliocladium*. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Fusarium* and *Gliocladium*. *Aspergillus niger* was the dominant species (35%), followed by *A. tamarii* (21%), *Penicillium citrinum* (10%), *Aspergillus flavus* (8.7%) and *Trichoderma koningii* (7.7%). In the scientific literature such genera were also found in environments that suffer some pollution degree. The results agree with existing works where these fungi are cited for their biotechnological and bioremediation potential. Therefore, we consider that: *Aspergillus* is the fungal genus of greater dominance in the soil of the Jansen Lagoon and that the presence of the fungi previously mentioned serves as a guide for future actions of bioremediation in this studied area, which are urgent, since Jansen Lagoon is an important tourist spot of São Luís and the pollution that occurs in this ecosystem represents a waste of its touristic potential. Thus, isolated fungi became part of the collection of fungi of the Federal University of Maranhão, where they could be used in future studies in bioremediation, bioprospecting, among others, to improve the area studied.

Key words: Bioremediation, Taxonomy, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo: Vista aérea do Parque Estadual da Laguna da Jansen e os quatro pontos de coleta: N, S, L e O.....	22
Figura 2. Ponto ao Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	25
Figura 3. Anverso das colônias isoladas ao Norte (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	26
Figura 4. Reverso das colônias isoladas ao Norte (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	26
Figura 5. Ponto ao Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	27
Figura 6. Anverso das colônias isoladas ao Sul (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	27
Figura 7. Reverso das colônias isoladas ao Sul (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	28
Figura 8. Ponto ao Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	28
Figura 9. Anverso de colônia isolada a Leste (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	29
Figura 10. Reverso de colônia isolada a Leste (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	29
Figura 11. Ponto ao Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	30
Figura 12. Anverso das colônias isoladas ao Oeste (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	30
Figura 13. Reverso das colônias isoladas ao Oeste (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	31

Figura 14. Anverso da colônia isolada a Leste (diluição $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	34
Figura 15. Reverso da colônia isolada a Leste (diluição $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	35
Figura 16. Anverso das colônias isoladas a Oeste (diluição $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	35
Figura 17. Reverso de colônia isolada a Oeste (diluição $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	36
Figura 18. Anverso das colônias isoladas ao Sul (diluição $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	36
Figura 19. Reverso das colônias isoladas ao Sul (diluição $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	37
Figura 20. Anverso da colônia isolada ao Norte (diluição $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	37
Figura 21. Reverso da colônia isolada ao Norte (diluição $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	38
Figura 22. Anverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	40
Figura 23. Reverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	40
Figura 24. Anverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição $10^{-3}$ ) da	

Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	41
Figura 25. Reverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	41
Figura 26. Anverso das colônias isoladas do Sul da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	42
Figura 27. Reverso das colônias isoladas do Sul da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	42
Figura 28. Anverso das colônias isoladas do Oeste da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	43
Figura 29. Reverso das colônias isoladas do Oeste da terceira coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	43
Figura 30. Anverso das colônias isoladas do Leste da terceira coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	43
Figura 31. Reverso das colônias isoladas do Leste da terceira coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	44
Figura 32. Anverso das colônias isoladas do Oeste (diluição $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	47
Figura 33. Reverso das colônias isoladas do Oeste (diluição $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	47
Figura 34. Anverso da colônia isolada do Sul (diluição $10^{-2}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	48
Figura 35. Reverso da colônia isolada do Sul (diluição $10^{-2}$ ) da quarta coleta da Laguna	

da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	48
Figura 36. Anverso das colônias isoladas do Sul (diluição $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	49
Figura 37. Reverso das colônias isoladas do Sul (diluição $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	49
Figura 38. Anverso da colônia isolada do Norte da quarta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	50
Figura 39. Reverso da colônia isolada do Norte da quarta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	50
Figura 40. Anverso das colônias isoladas do Leste da quarta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	51
Figura 41. Reverso das colônias isoladas do Leste da quarta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	51
Figura 42. Anverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	54
Figura 43. Reverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	55
Figura 44. Anverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	55
Figura 45. Reverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	56
Figura 46. Anverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	

2016.....	56
Figura 47. Reverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	57
Figura 48. Anverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	57
Figura 49. Reverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	58
Figura 50. Anverso das colônias isoladas do Oeste da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	58
Figura 51. Reverso das colônias isoladas do Oeste da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	59
Figura 52. Anverso das colônias isoladas do Leste da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	59
Figura 53. Reverso das colônias isoladas do Leste da quinta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	60
Figura 54. Anverso das colônias isoladas do Leste da sexta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	64
Figura 55. Reverso das colônias isoladas a Leste da sexta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	64
Figura 56. Anverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	65
Figura 57. Reverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	65

Figura 58. Anverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....68

Figura 59. Reverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fungos isolados da primeira coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	33
Tabela 2. Fungos isolados da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	39
Tabela 3. Fungos isolados da terceira coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	46
Tabela 4. Fungos isolados da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	52
Tabela 5. Fungos isolados da quinta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	62
Tabela 6. Fungos isolados da sexta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	68
Tabela 7. Fungos isolados da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.....	69

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral .....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Local de estudo.....	22
3.2 Coleta do solo.....	22
3.3. Isolamento dos fungos.....	23
3.4. Contagem de colônias.....	24
3.5. Cálculos de frequência e dominância de espécies.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
REFERÊNCIAS .....	74
APÊNDICE.....	80

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da vida na Terra está intrinsicamente ligada à qualidade geral do meio-ambiente. Antigamente, existia a crença de que tínhamos uma quantidade ilimitada de recursos, tanto terrestres quanto hídricos. Entretanto, a eminente ameaça de escassez desses recursos revela o nosso grau de negligência e descuido na utilização dos mesmos (MARY KENSA, 2011).

A contaminação do solo é um problema que vem se tornando cada vez mais alarmante em muitos países. Sabe-se agora que terras contaminadas representam um risco potencial à saúde humana e a percepção sobre esse problema durante os últimos anos levou a medidas internacionais de remediação dessas áreas, tanto em uma tentativa de amenizar o risco de saúde advindo dos efeitos colaterais causados pela contaminação desses ambientes, como na tentativa de tentar tornar esse recurso reutilizável (MARY KENSA, 2011).

Os danos nos ecossistemas terrestres causados por ações antrópicas reduzem e suprimem organismos que vivem nesse ambiente. É importante ressaltar que as propriedades do solo podem ser mantidas e restauradas pelos microrganismos presentes no ambiente terrestre, que devem ser geridos de forma sustentável, promovendo assim a complexidade ecológica e a robustez da biodiversidade terrestre (WALL; NIELSEN; SIX, 2015).

A poluição do solo tem despertado o interesse de especialistas, das autoridades e de grande parte da sociedade. Sua conservação é importante não só sob o ponto de vista ambiental, mas também para a saúde pública. Ao longo de décadas, o solo vem sofrendo com o depósito do lixo proveniente das atividades humanas, o que acaba agravando os problemas ambientais (GÜNTHER, 2005).

Segundo Wall; Nielsen; Six (2015), a perda do solo e de sua biodiversidade está acontecendo em um ritmo acelerado em todo o mundo, trazendo resultados negativos para a cadeia alimentar desses ecossistemas. É hora de reconhecer e gerenciar a biodiversidade do solo, que tem sido um recurso subutilizado, a fim de atingir metas de sustentabilidade de longo prazo em relação à saúde humana global, não só visando os solos, mas também a segurança alimentar, controle de doenças, água e qualidade do ar, visto que a biodiversidade do solo está conectada com todas as formas de vida.

Os problemas ambientais têm se tornando cada vez mais críticos e frequentes graças ao crescimento populacional desenfreado e muitas vezes sem planejamento. Como consequência disso alguns ecossistemas tem sido impactados negativamente resultando no seu desequilíbrio, o que acaba por interferir na produção primária e na qualidade da água e do solo desses ambientes (PEREIRA; FREITAS, 2012). Além disso, o aumento dessas áreas degradadas ocorre devido à falta de conhecimento das leis de proteção ao meio-ambiente e da fiscalização (BEZERRA et al., 2006).

Os microrganismos, dentre eles os fungos que vivem no solo, desempenham um papel essencial na manutenção e no equilíbrio do ambiente. Pesquisadores da área estão produzindo informações sobre a biodiversidade do solo e suas funções de forma muito rápida, informações estas que, aliadas ao conhecimento dos gerenciadores do solo, resultam no desenvolvimento de práticas de gestão sustentável da terra (WALL; NIELSEN; SIX, 2015).

Os fungos são organismos extremamente diversos e possuem uma notável habilidade de degradar materiais naturais complexos, tais como lignina, quitina e celulose, em substâncias mais simples. Por isso, algumas características dos fungos filamentosos, como a bioatividade e o crescimento morfológico, os tornam melhores degradadores do que as bactérias (OLIVEIRA, 2008).

O primeiro estudo sobre a remoção de poluentes ocorreu nos últimos trinta anos do século XX. Nos Estados Unidos, Khindaria et al. (1975) estudaram a degradação de heptacloro por fungos do gênero *Aspergillus*. Em Campinas – SP, Peralta-Zamora et al. (1998) estudaram a degradação de poluentes promovida por fungos utilizando a espécie *Saccharomyces cerevisiae* na remoção de lindano e dieldrin.

Apesar de existirem tecnologias que utilizam processos físicos e/ou químicos para a limpeza de ambientes poluídos, a biorremediação, que se utiliza de processos biológicos, é uma alternativa ecologicamente correta e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados (GAYLARD; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

No Brasil, a biorremediação ainda permanece em grande parte no campo teórico, com poucos exemplos práticos. Entretanto, há um potencial de expansão dessa realidade, visto que o solo brasileiro possui características físico-químicas que contribuem para a degradação de vários contaminantes. Por exemplo, fatores ambientais (como teores de umidade e oxigênio) e a disponibilidade de nutrientes nos solos, além

do clima brasileiro, criam um ambiente propício para a aplicação da técnica de biorremediação (DE ALMEIDA ANDRADE; AUGUSTO; FONTES JARDIM, 2010).

No Maranhão, essas pesquisas são reduzidas. Há alguns poucos trabalhos realizados por pesquisadores da Universidade Federal do Maranhão, que estudam a diversidade dos fungos (BEZERRA et al., 2014; BEZERRA et al., 2016) e os da Universidade Estadual do Maranhão de Imperatriz que avaliam a atividade enzimática de fungos com potencial de biodegradação de diferentes inseticidas aplicados em lavouras (LIRA; OLIVEIRA; ORLANDA, 2012; RODRIGUES; LIMA, 2013).

Em São Luís do Maranhão, um dos ecossistemas mais impactados é o da Laguna da Jansen que sofreu o represamento do igarapé que recebe o mesmo nome, para a construção da Avenida Ana Jansen. Esta laguna recebe continuamente lançamentos de esgotos cujas substâncias tóxicas são depositadas nos sedimentos (ROJAS et al., 2013) e no solo adjacente.

Portanto, este trabalho tem como objetivo isolar e identificar fungos filamentosos presentes no solo da Laguna da Jansen em São Luís do Maranhão, os quais passarão a fazer parte da coleção de fungos da Universidade Federal do Maranhão, onde poderão ser utilizados futuramente em estudos de biorremediação da própria área estudada.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Isolar e identificar fungos filamentosos no solo da Laguna da Jansen, na ilha de São Luís do Maranhão, Brasil.

### **2.2. Objetivos específicos**

Realizar seis coletas de solo, sendo três amostras em tempo chuvoso e três em período não chuvoso no solo da Laguna da Jansen.

Cultivar o material coletado em meios de cultura adequados.

Identificar e classificar os fungos isolados através de suas características macro e microscópicas.

Preservar os fungos isolados na coleção de fungos da Universidade Federal do Maranhão, situada no Núcleo de Imunologia Básica e Aplicada (NIBA) /DEPAT/CCBS.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local de estudo

O material de trabalho foi coletado no solo da Laguna da Jansen, que está localizada entre os bairros São Francisco, Renascença I, Renascença II, Ponta D'areia e Ponta do Farol, cujas coordenadas geográficas são: 2°29'56"S 44°17'59"W. Encontra-se na região noroeste, há 4,0 km de distância do Centro Histórico – Patrimônio Histórico da Humanidade. Próximo a ela estão localizadas as praias de maior fluxo de banhistas, a Ponta D'Areia, Ponta do Farol, Marcela e Calhau.



**Figura 1.** Localização da área de estudo: Vista aérea do Parque Estadual da Lagoa da Jansen e os quatro pontos de coleta: N, S, L e O.

A Lagoa da Jansen é um corpo d'água costeiro com características de mangue, sendo sua água salobra, rica em matéria orgânica e materiais alóctones, isto é, cuja origem não estão no lugar onde se encontram. Ocupa 140 hectares com profundidade média de 1,0 metro (REBELO MOCHEL et al., 1991).

#### 3.2 Coleta do solo

Quatro (4) amostras de solo da Lagoa da Jansen – São Luís, Maranhão, Brasil foram coletadas mensalmente de cada ponto:

Norte (Coordenada geográfica: 2°30'13"S 44°17'53"O), Sul (Coordenada geográfica: 2°29'35"S 44°17'52"O), Leste (Coordenada geográfica: 2°29'37"S 44°18'10" O) e Oeste (Coordenada geográfica: 2° 29'35"S 44°17'52"O).

As amostras foram obtidas de uma profundidade de até 20 cm, com auxílio de colher estéril segundo SILVA et al. (2011) com modificações. Em seguida, foram colocadas em bolsa plástica zipada e transportadas até o Laboratório de Micologia do NIBA/DEPAT/CCBS/UFMA, onde foram processadas.

A primeira coleta ocorreu no mês de Abril de 2016, período chuvoso de São Luís. A temperatura era de 30°C e a umidade relativa do ar de 75% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

A segunda coleta foi realizada no mês de maio de 2016, período chuvoso de São Luís, onde a temperatura média era de 32°C e a umidade relativa do ar de 79% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

A terceira coleta foi realizada no mês de junho de 2016, no período chuvoso de São Luís. A temperatura média era de 30°C e a umidade relativa do ar de 62% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

A quarta coleta foi realizada no mês de agosto de 2016, no período seco de São Luís. A temperatura média era de 29°C e a umidade relativa do ar de 62% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

A quinta coleta foi realizada no mês de setembro de 2016, também, no período seco de São Luís. A temperatura média era de 32°C e a umidade relativa do ar de 61% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

A sexta coleta foi realizada no mês de outubro de 2016, no período seco de São Luís. A temperatura média era de 32°C e a umidade relativa do ar era de 60% (THE WEATHER COMPANY, 2016).

### **3.3. Isolamento dos fungos**

Para obtenção do isolamento de colônias fúngicas foi realizada a técnica de suspensão seriada de acordo com Clark (1965) modificado, em que 25 g de amostra de solo foram homogeneizadas em 225 mL de água destilada estéril. As diluições de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  contendo 0,1 ml da suspensão foram plaqueadas por esgotamento em placas contendo ágar Sabouraud, acrescido de solução de 10% de cloranfenicol (100 mg/10 mL de álcool) (RIBEIRO; SOARES, 2002). A seguir as placas semeadas permaneceram em temperatura ambiente, durante cinco dias. As diferentes colônias foram transportadas para um tubo de ensaio (18 × 180 mm) contendo ágar Sabouraud para

trabalhar a purificação dos fungos, meios de culturas específicos tais como ágar Czapeck e batata dextrose ágar-BDA também foram utilizados.

Foram observadas as características macroscópicas (textura e coloração do anverso e reverso de cada colônia). Para as características microscópicas utilizou-se a técnica de microcultivo segundo RIDEL (1950) modificado, seguindo os protocolos já existentes do Laboratório de Micologia (NIBA/DEPAT/CCBS/UFMA) (BEZERRA et al., 2014a. BEZERRA et al., 2014b; BEZERRA et al., 2014c) para assegurar a visualização das estruturas de frutificação de cada fungo. Com este achado microscópico somado às observações macroscópicas e, também, auxílio de atlas, literatura especializada, chaves taxonômicas, chegou-se à taxonomia do fungo. Um representante de cada espécie foi depositado na Coleção de Fungos da Universidade Federal do Maranhão.

### 3.4. Contagem de colônias

Foi calculado o número de unidades formadoras de colônias (UFC), multiplicando-se o número de colônias isoladas pelo inverso da diluição inoculada, seguindo a fórmula: UFC/ml = N° Colônias/inverso da diluição (SILVA et al., 2001).

### 3.5. Cálculos de frequência e dominância de espécies

Para o cálculo de dominância das espécies encontradas nesse estudo, foi utilizada a seguinte fórmula proposta por Tischler (citado por Schwerdtfeger 1975):

$$d = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

Onde: **d** é a dominância da espécie; **a<sub>i</sub>** é o número de indivíduos de uma dada espécie; **n** e  $\Sigma a_i$  é o somatório dos indivíduos da espécie.

Para o cálculo de frequências das espécies, foi utilizada a seguinte fórmula proposta por Merkamale (citado por Schwerdtfeger 1975):

$$F = b/a \times 100$$

Onde: **F** é a frequência da espécie; **b** é o número de amostras no qual dada espécie é registrada e **a** é o número total de amostras.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Primeira coleta

O solo do ponto ao Norte (N) da Laguna da Jansen é arenoso e apresenta uma coloração escura devido à grande quantidade de matéria orgânica sobre o mesmo. Observaram-se plantas de pequeno a médio porte e o entorno apresentava pouco fluxo de pessoas, apesar de existir um parquinho nas proximidades.

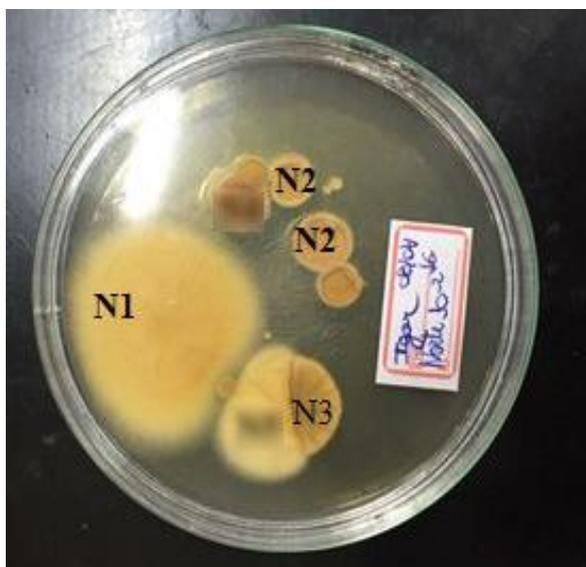
Na placa da amostra do solo ao Norte da Laguna da Jansen (diluição  $10^{-2}$ ) da primeira coleta foi observado o crescimento de três espécies de fungos filamentosos. Identificaram-se com a letra N as colônias isoladas, seguida do número correspondente. **N1** foi representada por 2 colônias, de aspecto camurça e reverso amarelo claro. **N2** por 2 colônias brancas, elevadas, estriadas com reverso bege. **N3** por 3 colônias cinzas estriadas, elevadas com reverso marrom escuro.



**Figura 2.** Ponto ao Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 3.** Anverso das colônias isoladas ao Norte (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016



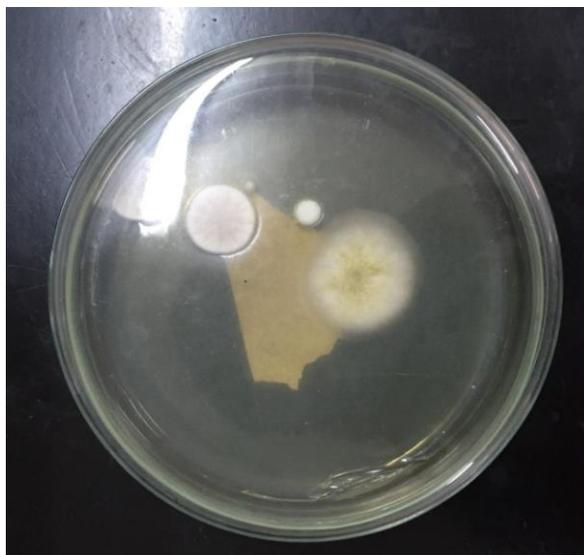
**Figura 4.** Reverso das colônias isoladas ao Norte (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



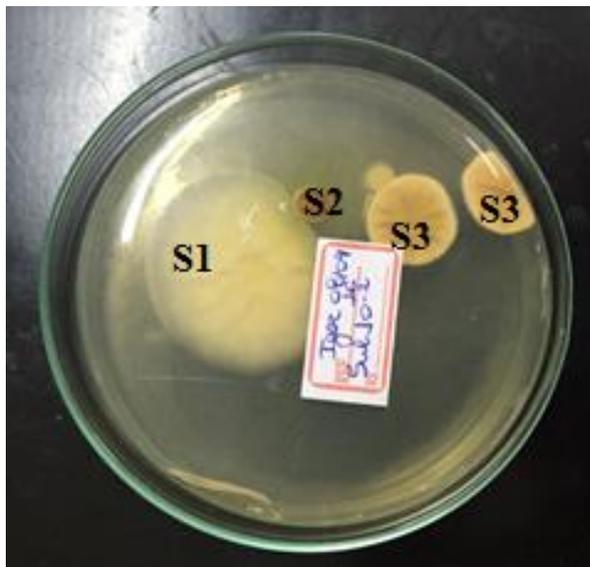
**Figura 5.** Ponto ao Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

O solo do ponto S é arenoso e mais seco em relação ao do ponto N. Apresenta uma coloração alaranjada e há grande presença de serapilheira sobre o mesmo, portanto, também há grande quantidade de matéria orgânica. Foram observadas plantas de baixo a médio porte no local e rejeitos plásticos, provavelmente devido ao fato de estar localizado próximo a uma região em que há maior fluxo de pessoas (em frente à Academia da Lagoa).

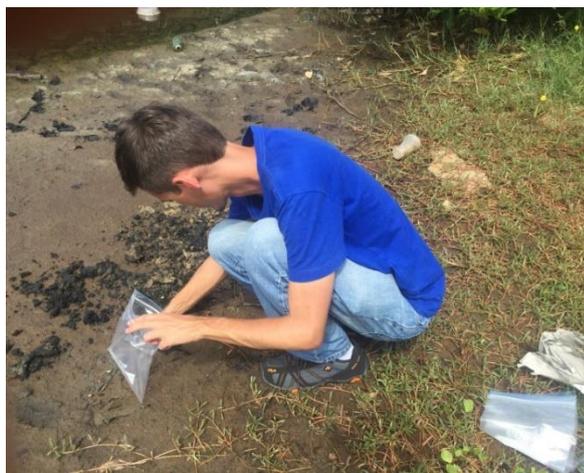
As colônias isoladas ao Sul da Laguna da Jansen da primeira coleta foram identificadas pela letra **S**. Na placa obtida da diluição  $10^{-2}$  houve crescimento de 3 espécies de fungos filamentosos: **S1** apresentou-se como 1 colônia branca, com esporos verdes e reverso claro estriado. **S2** apresentou-se como 1 colônias brancas elevadas com reverso marrom escuro estriada. **S3** com 2 colônias ligeiramente roxas e reverso róseo estriado.



**Figura 6.** Anverso das colônias isoladas ao Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 7.** Reverso das colônias isoladas ao Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 8.** Ponto ao Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

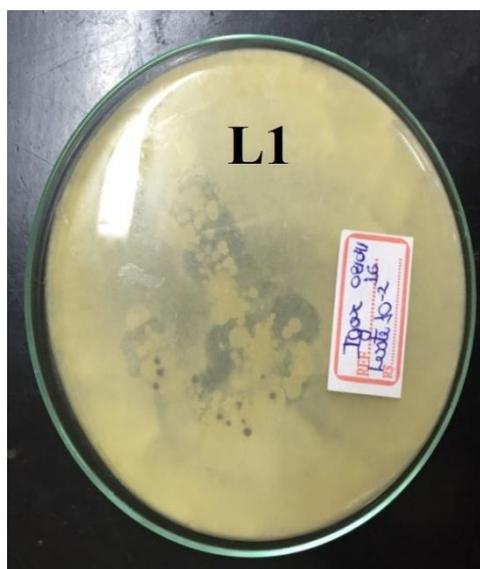
O solo do ponto L localiza-se próximo ao corpo d'água, sendo uma região extremamente poluída onde se observou despejo direto de esgoto na água através de um cano. O solo é bastante úmido, lamoso e apresenta uma coloração escura. Havia gramíneas e uma planta de médio porte, bem como alguns copos plásticos no local.

Na placa obtida tanto da diluição de  $10^{-2}$  como da diluição de  $10^{-3}$  coletada à Leste da Laguna da Jansen (L1) foi observado o crescimento abundante de apenas 1

espécie de fungo, cuja colônia apresentou aspecto algodinoso e o reverso apresentou coloração amarelo-opaca.



**Figura 9.** Anverso de colônia isolada a Leste (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 10.** Reverso de colônia isolada a Leste (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



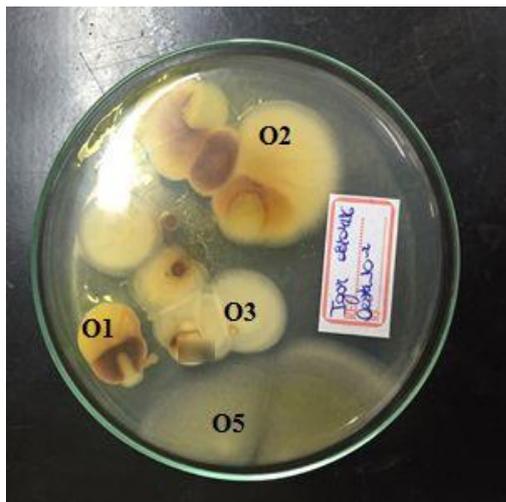
**Figura 11.** Ponto ao Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

O solo do ponto O localiza-se bem próximo ao corpo d'água da Laguna e é arenoso, apresenta coloração alaranjada e também grande quantidade de serapilheira sobre o mesmo. Observaram-se plantas de pequeno a médio porte no local. É uma região com pouco fluxo de pessoas.

As colônias isoladas dessa região na primeira coleta foram identificadas pela letra **O** seguidas pelo número correspondente. Foi observado o crescimento de cinco espécies de fungos. **O1** distribuiu-se em 4 colônias róseas com reverso pink. **O2** cresceu em 40 colônias camurça com reverso claro. **O3** cresceu em 3 colônias brancas, aveludadas com reverso claro. **O5** distribuiu-se em 40 colônias brancas, com esporos negros e reverso branco.



**Figura 12.** Anverso das colônias isoladas ao Oeste (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 13.** Reverso das colônias isoladas ao Oeste (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Após a macro e microscopia, foi constatado que as colônias **N2**, **O3** e **S2** pertenciam à mesma espécie: *Aspergillus nidulans*, cuja colônia tem coloração verde escura no centro e verde clara nas bordas e é porosa. Pertence ao complexo *Aspergillus subgenus Nidulantes* (GAMS et al., 1985), que inclui espécies com cabeças conidiais curtas, colunares e bisseriadas, portanto, havendo presença de métulas e fiálides, e geralmente, mas nem sempre, possuem estipes curtos e esporos verdes (ELLIS, 2016) (Apêndice).

Constatou-se que a colônia **O5** pertencia à espécie *Aspergillus niger*. Sua colônia possui coloração preta, é bastante porosa e o seu reverso é amarelo esbranquiçado e estriado. A haste do conidióforo é hialina e de parede lisa e os conídios estão dispostos radialmente. A vesícula é sub esférica, as células conidiogênicas são bisseriadas e as métulas recobrem toda a superfície da vesícula (DE HOOG et al., 2000, p. 489) (Apêndice).

Pinheiro et al., (2007) avaliaram a capacidade de degradação de fenol presente em um efluente sintético colocado em reatores em batelada, sem aeração artificial e sem agitação, inoculados com fungos da linhagem *Aspergillus niger* AN400. Como resultado do experimento foi verificado que houve eficiência na remoção de fenol de aproximadamente 100% a partir do terceiro dia de tratamento (PINHEIRO et al., 2007). O fenol é também conhecido como ácido carbólico e é utilizado na fabricação de antissépticos, desinfetantes, solventes e resinas para madeiras e plásticos, podendo também ser encontrado em efluentes domésticos (PASSOS, 2006).

As colônias **N1** e **S1** pertenciam à espécie: *Aspergillus flavus*. Microscopicamente apresenta hifas hialinas, esporos rugosos cor verde oliva e vesícula globosa. Pode possuir métulas e/ou fiálides de onde se originam os esporos. As células conidiogênicas, portanto, podem ser, uni ou bisseriadas (DE HOOG et al., 2000, p. 470). Os conidióforos originam-se a partir de uma estrutura chamada pé. Macroscopicamente possui textura pulverulenta, micélio branco, com esporos que variam do verde oliva ao amarelado (Apêndice).

Verificou-se que a colônia **N3** pertencia à espécie *Aspergillus flavipes*. A colônia apresentou diferentes colorações: amarelado, marrom-claro e marrom-escuro. Isso se deve ao fato de a colônia já estar envelhecida, uma vez que quando nova apresenta coloração amarelada, mas à medida que envelhece fica amarronzada. Assim como a maioria das outras espécies do gênero *Aspergillus* apresentam hifas septadas e hialinas e os conidióforos terminam como uma vesícula arredondada. O conidióforo é liso, curto e asseptado. A vesícula é bisseriada. O conídio é liso e esverdeado (DE HOOG et al., 2000, p. 468) (Apêndice).

Um estudo realizado por OUDOT et al. (1993) mostrou a capacidade de alguns fungos dentre eles alguns pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Gliocladium* de degradar hidrocarbonetos saturados e aromáticos, resinas e asfaltenos em ambientes tropicais poluídos na Indonésia. Dentre os mais efetivos na assimilação desses compostos estão o *Aspergillus nidulans* e o *Aspergillus flavipes*, ambas espécies encontradas no solo da Laguna da Jansen, indicando o potencial biorremediador de solos contaminados com esses poluentes desses microrganismos.

As colônias **O1** e **S3** pertenciam à espécie *Aspergillus candidus*. Sua colônia era rosa, levemente porosa, com aspecto de camurça, e à medida que foi envelhecendo produziu esporos amarelos. Seu reverso é amarelo queimado e levemente estriado. A análise microscópica revelou conídios verde-claro, pequenos e lisos. O conidióforo é asseptado e fino e a vesícula é sub-esférica. As células conidiogênicas são unisseriadas e as fiálides se encontram na metade de vesícula (Apêndice).

A colônia **O2** pertencia à espécie *Aspergillus avenaceus*. A colônia apresentou uma coloração verde-musgo levemente estriada e o reverso amarelo-esbranquiçado também levemente estriado. A cabeça conidial é radiada e se torna posteriormente colunar. O estipe do conidióforo possui parede lisa e é hialino. A vesícula é esférica. As

células conidiogênicas são unisseriadas. O conídio é liso, esverdeado e elipsoidal (DE HOOG et al., 2000, p. 450) (Apêndice).

A colônia **L1** pertencia à espécie *Aspergillus tamarii*. Sua colônia cresce rapidamente e inicialmente possui coloração amarelo claro e à medida que envelhece vai adquirindo coloração marrom escuro e o reverso é esbranquiçado e liso. Na microscopia, observou-se uma estipe do conidióforo hialina e rugosa, uma vesícula esférica e células conidiogênicas unisseriadas, sendo que as fiálides cobriam toda a superfície da vesícula. O conídio é equinulado (DE HOOG et al., 2000, p. 507) (Apêndice).

Foi analisada capacidade de *A. tamarii*, em consórcio com outros fungos filamentosos em degradar óleo lubrificante automotivo antes e depois do processo de queima. Foi verificado que todos os fungos promoveram oxidação biológica, com destaque para o *A. tamarii* (UFPEDA870) isolado, que realizou esse processo após duas horas de contato com o óleo antes da queima, sendo que quando em consórcio com outros fungos o tempo de degradação foi otimizado (MACIEL; TAKAKI.; GUSMÃO, 2010).

A colônia **S3** pertencia à espécie *Aspergillus candidus*. Sua colônia apresentou coloração rosa claro, aspecto camurça e reverso amarelo pálido levemente estriado. A microscopia revelou conídios pequenos, lisos e verde-azulados. O conidióforo era liso e liso. As células conidiogênicas eram unisseriadas e as fiálides ocupavam a metade da vesícula coniforme (DE HOOG et al., 2000, p. 454) (Apêndice).

**Tabela 1.** Fungos isolados da primeira coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Colônia	UFC/ml	Espécies
<b>Norte</b>		
N1	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
N2	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus nidulans</i>
N3	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavipes</i>
<b>Sul</b>		
S1	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
S2	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus nidulans</i>

S3	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus candidus</i>
<b>Leste</b>		
L1	1x10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus tamaraii</i>
<b>Oeste</b>		
O1	4.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus tamaraii</i>
O2	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus avenaceus</i>
O3	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus nidulans</i>
O5	40.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
Total	62.10 <sup>2</sup> UFC/ML	7 espécies

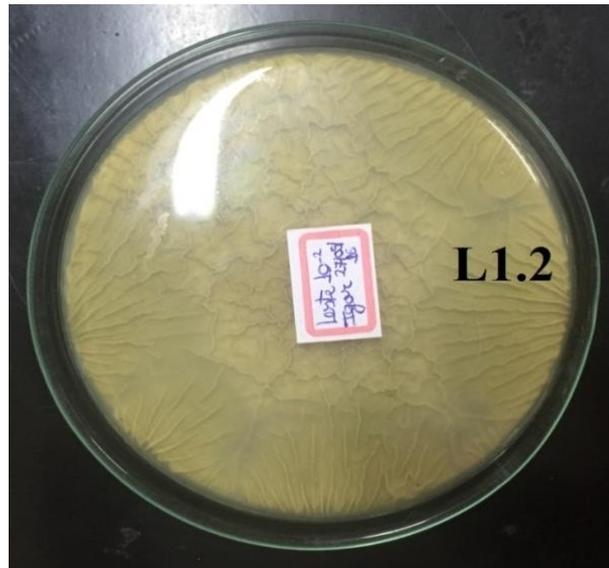
#### 4.2. Segunda coleta

Na placa da amostra do ponto a Oeste (O) da segunda coleta observou-se, após três dias de incubação, o crescimento de 4 colônias pretas com bordas esbranquiçadas e reverso esbranquiçado estriado (**O1.2**). Na placa Leste 10<sup>-2</sup> foi observado o crescimento de 5 colônias da mesma coloração com reverso também amarelo esbranquiçado estriado (**L1.2**). No quarto dia de incubação, observou-se o crescimento de colônia esbranquiçada rugosa com reverso amarelado na placa Sul 10<sup>-2</sup> sendo que no quinto dia de incubação, essa colônia adquiriu uma coloração amarronzada com estrias bem definidas (**S1.2**). Foi verificado o crescimento de colônia preta e reverso estriado na placa Norte 10<sup>-3</sup> (**S2.2**) e de colônia verde-musgo bastante estriada e reverso amarelo queimado também estriado, após cinco dias de incubação (**N1.2**).



**Figura 14.** Anverso da colônia isolada a Leste (diluição 10<sup>-2</sup>) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São

Luís – MA, Brasil, 2016.



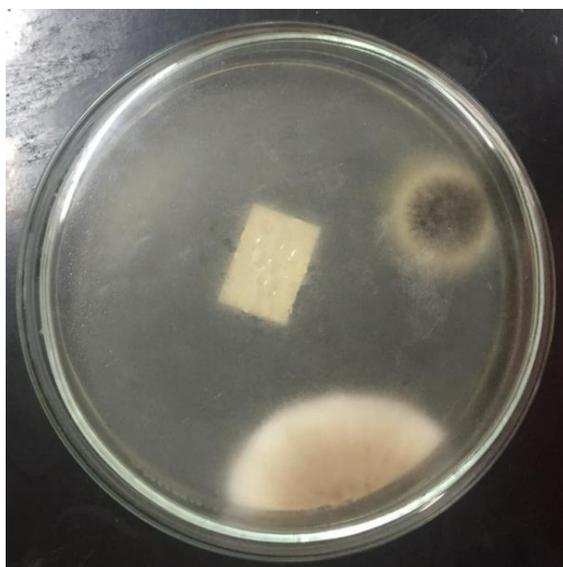
**Figura 15.** Reverso da colônia isolada a Leste (diluição  $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



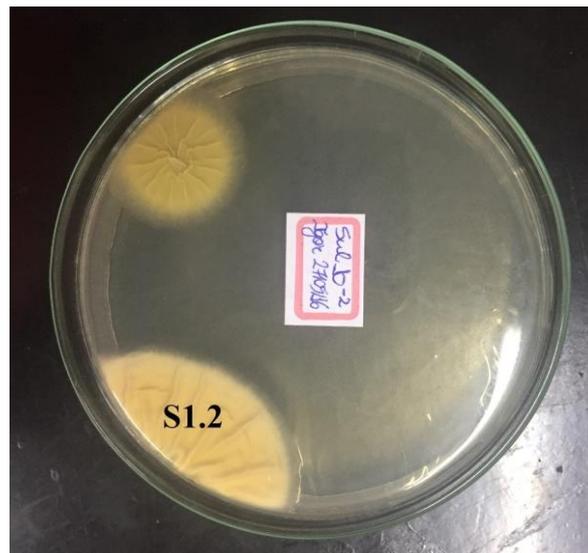
**Figura 16.** Anverso das colônias isoladas a Oeste (diluição  $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



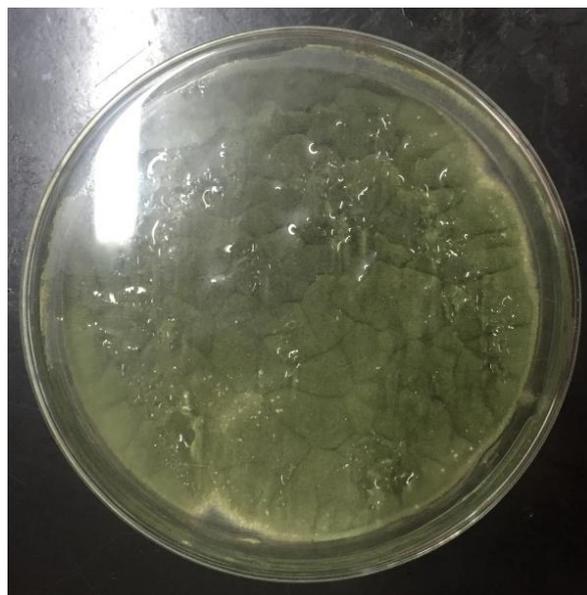
**Figura 17.** Reverso de colônia isolada a Oeste (diluição  $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 18.** Anverso das colônias isoladas ao Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 19.** Reverso das colônias isoladas ao Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 20.** Anverso da colônia isolada ao Norte (diluição  $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 21.** Reverso da colônia isolada ao Norte (diluição  $10^{-3}$ ) da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Verificou-se, após a macro e microscopia, que a colônia **S1.2** pertencia à espécie *Aspergillus terreus*. O anverso da colônia apresentou coloração camurça e aspecto levemente poroso e reverso estriado na mesma cor, sugestivo de *A. terreus*. Na microscopia observou-se cabeça conidial compactada, bisseriada e colunar densa. Os conidióforos são lisos e hialinos. Os conídios de *A. terreus* são pequenos, tem forma globosa, parede lisa e a coloração pode variar de amarelo claro a hialina (DAVID, 1988) (Apêndice).

Kuo; Regan (1992) comprovaram que *A. terreus* atua contra o pesticida conhecido como carbaril ou metilcarbamato de naftila, amplamente utilizado na agricultura brasileira. Mukherjee e Mittal (2005) comprovaram a capacidade desintoxicante do *A. terreus* contra o agente pesticida endosulfan, substância esta que não é mais produzida no Brasil desde 2012. Além disso, Fadil et al., 2003 verificaram a capacidade de *A. terreus* em reduzir de forma significativa a Concentração de Demanda Química de Oxigênio e a concentração total de compostos fenólicos presentes em efluentes líquidos de azeite de oliva, demonstrando que esse microrganismo pode ser utilizado no pré-tratamento de efluentes ricos em fenóis.

**Tabela 2.** Fungos isolados da segunda coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Colônia	UFC/ml	Espécies
<b>Norte</b>		
N1.2	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
<b>Sul</b>		
S1.2	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus terreus</i>
S2.2	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Leste</b>		
L1.2	5.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Oeste</b>		
O1.2	4.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
Total	12.10 <sup>2</sup> UFC/ml	Espécies: 3

#### 4.3. Terceira coleta

Na placa da amostra ao Norte da terceira coleta (diluição 10<sup>-2</sup>) da Laguna da Jansen observou-se o crescimento de quatro colônias após quatro dias de incubação: duas colônias negras com bordas esbranquiçadas com reverso amarelo esbranquiçado (**N2.3**), uma colônia branca camurça elevada com reverso amarelo queimado estriado (**N3.3**), uma colônia branca aveludada com reverso amarelo esbranquiçado (**N1.3**).

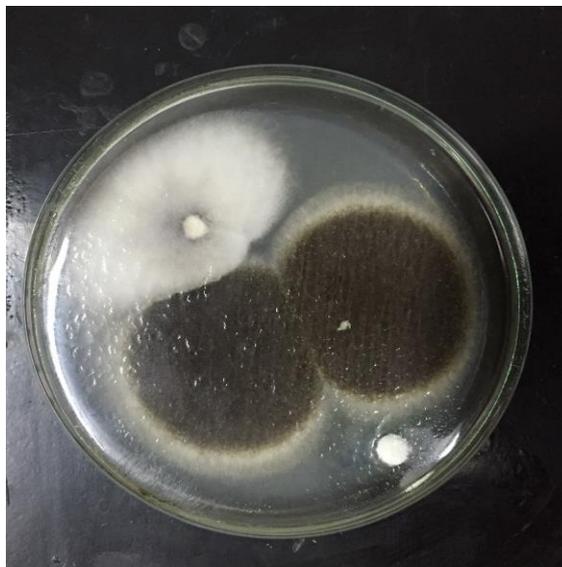
Na placa Norte 10<sup>-3</sup> observou-se o crescimento de três colônias: uma colônia pulverulenta negra com borda amarelada e reverso levemente esbranquiçado estriado (**N4.3**), uma colônia preta pulverulenta com bordas esbranquiçadas estriadas (**N6.3**) e uma colônia branca estriada camurça com reverso esbranquiçado estriado (**N5.3**).

Na placa Sul 10<sup>-2</sup> observou-se o crescimento de sete colônias: duas colônias negras com bordas esbranquiçadas com reverso amarelo esbranquiçado (**S3.3**), três colônias brancas felpudas elevadas levemente amarelada com reverso amarelo queimado (**S1.3**) e uma colônia branca levemente estriada camurça com reverso esbranquiçado (**S2.3**).

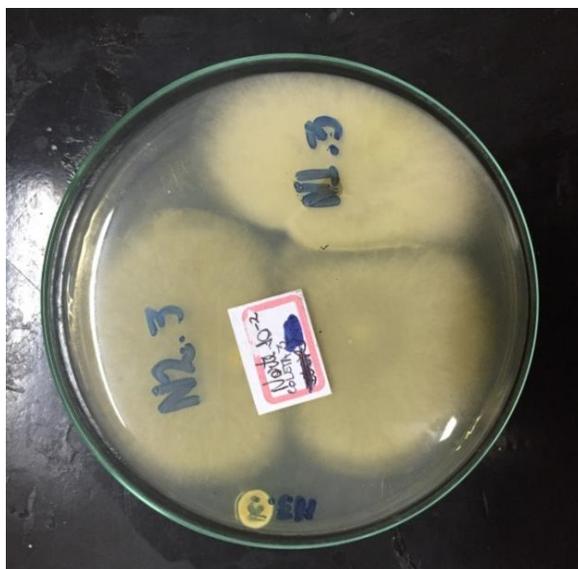
Na placa Oeste 10<sup>-2</sup> observou-se o crescimento de colônia com aspecto algodinoso, esbranquiçada e elevada com reverso também esbranquiçado (**O1.3**), uma colônia branca camurça elevada com o reverso amarelado (**O3.3**) e uma colônia

amarelo-esverdeada com reverso da mesma cor (O2.3)

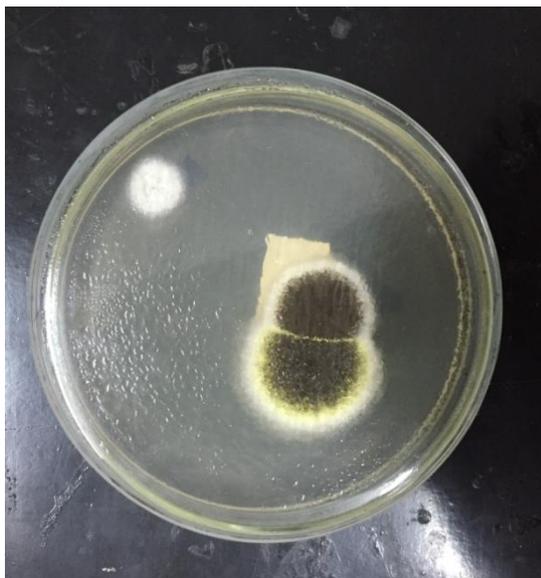
Na placa Leste 10<sup>-2</sup> observou-se o crescimento de três colônias cor-de-café pulverulentas e reverso amarelo esbranquiçado bastante estriado (L1.3).



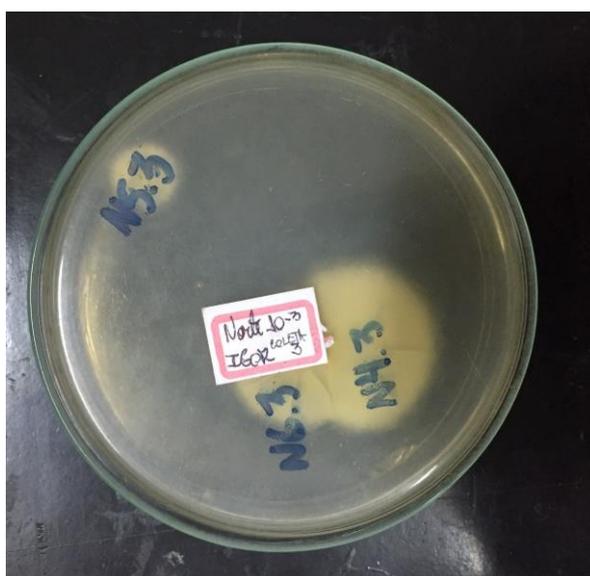
**Figura 22.** Anverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição 10<sup>-2</sup>) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 23.** Reverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição 10<sup>-2</sup>) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



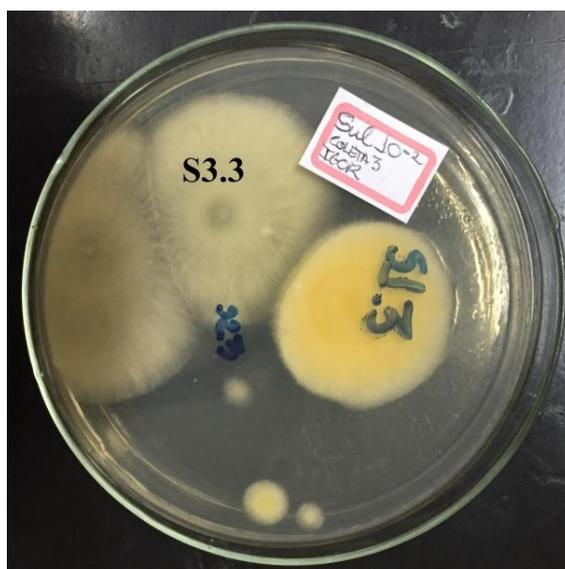
**Figura 24.** Anverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 25.** Reverso das colônias isoladas do Norte da terceira coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



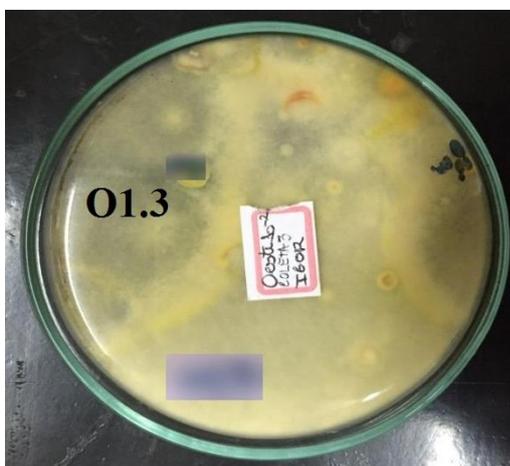
**Figura 26.** Anverso das colônias isoladas do Sul da terceira coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



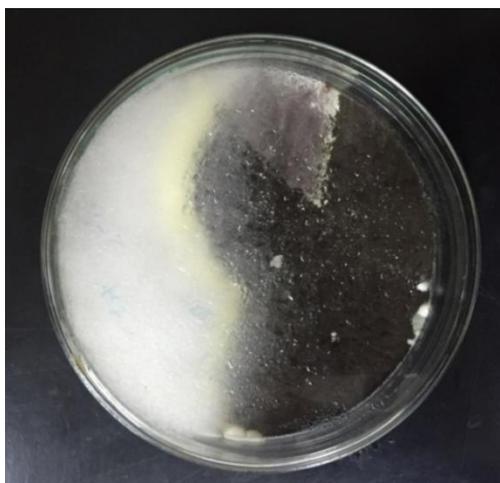
**Figura 27.** Reverso das colônias isoladas do Sul da terceira coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



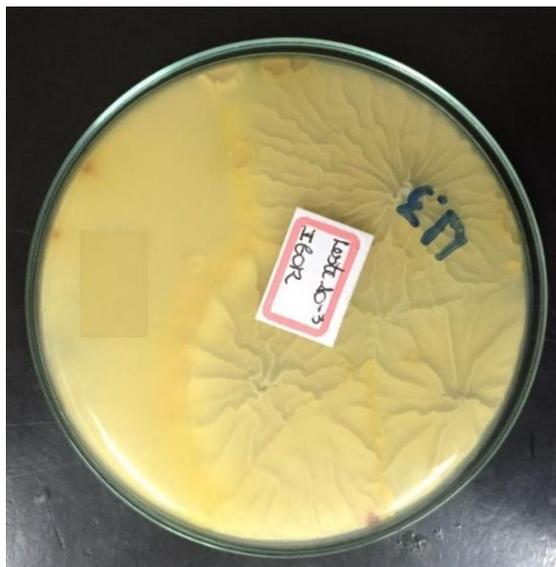
**Figura 28.** Anverso das colônias isoladas do Oeste da terceira coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 29.** Reverso das colônias isoladas do Oeste da terceira coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 30.** Anverso das colônias isoladas do Leste da terceira coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 31.** Reverso das colônias isoladas do Leste da terceira coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Constatou-se que as colônias **N1.3**, **N2.3**, **N4.3**, **N6.3** e **L1.3** todas pertenciam à espécie *Aspergillus niger*. É importante ressaltar, entretanto, que algumas delas (N4.3 e L1.3) podem pertencer à variações na espécie, visto que estas apresentaram algumas características macroscópicas levemente diferentes de *A. niger* (var. Tiegh.). A colônia N4.3 apresentou bordas amareladas, o que difere da colônia pertencente à variação Tiegh., que possui bordas esbranquiçadas quando ainda está nova. Já a colônia L1.3 apresentou um aspecto bastante pulverulento e o reverso era bastante estriado.

Verificou-se que a colônia **N3.3** pertencia à espécie *Penicillium decumbens* (DE HOOG et al., 2000, p. 827-828). Sua colônia é esbranquiçada, elevada e estriada, apresenta aspecto camurça e há presença de exsudato amarelado no centro da mesma. O reverso apresentou coloração amarelada e estrias bem delimitadas. Na microscopia, observou-se que os estipes são pequenos, delgados e levemente septados. O conidióforo é monoverticilado, ou seja, há apenas um verticilo de fiálides e os conídios apresentam coloração verde escura (Apêndice).

Constatou-se que a colônia **N5.3** pertencia à espécie *Aspergillus alliaceus*. Sua colônia apresentou coloração negra-acinzentada e uma faixa circular amarelada no centro da mesma e aspecto pulverulento. Seu reverso apresentou coloração amarelo pálido e textura lisa. A cabeça conidial é radiada, a parede da estipe do conidióforo é lisa e hialina. A vesícula é esférica e as células conidiogênicas são bisseriadas em largas vesículas, mas em pequenas vesículas são normalmente unisseriadas. A métula ou as

fiálides cobrem pelo menos a metade superior da vesícula. O conídio é oval a subesférico, verde e liso (RAPER; FENNEL, 1965). Houve presença de esclerócios (Apêndice).

A colônia **S1.3** pertencia à espécie *Aspergillus oryzae*. As colônias apresentaram coloração amarelo-esverdeada com diferentes tonalidades de verde. Assim como a maioria das outras espécies do gênero *Aspergillus*, apresentam hifas septadas e hialinas e os conidióforos terminam como uma vesícula arredondada. Os filamentos conidiais estão dispostos em cadeia. A estipe do conidióforo é hialina, sua vesícula é subsférica e as células conidiogênicas podem ser uni ou bisseriadas. A métula ou a fiálide cobre toda a superfície ou os três quartos superiores da vesícula. O conídio é subesférico a ovoidal, podendo ser liso ou rugoso, esverdeado ou acastanhado (DE HOOG et al., 2000, p. 496-497) (Apêndice).

Devido à capacidade de *Aspergillus oryzae* de produzir inúmeras enzimas quando comparado às demais espécies de *Aspergillus*, esse fungo é utilizado em vários processos biotecnológicos e de engenharia genética, incluindo a degradação de plásticos biodegradáveis (MACHIDA; YAMADA; GOMI, 2008). Portanto, é um microrganismo que apresenta potencialidade para a realização de biorremediação de áreas poluídas, especialmente lugares que sofrem com o despejo inadequado de plástico.

Constatou-se que a colônia **O2.3** pertencia à espécie *Gliocladium roseum*. Sua colônia é branca e verde-clara nas áreas de frutificação. O micélio aéreo é flocoso, e o conjunto de hifas produziu massas rosadas, o que foi evidenciado pela coloração rósea no reverso. Os conidióforos se apresentaram como ramos perpendiculares em relação às hifas aéreas e ramificação irregularmente única ou dupla. Os conídios são elípticos, levemente apiculados e lisos (RAPER; THOM, 1949).

Foi demonstrada a capacidade de alguns fungos filamentosos como o *A. niger*, *A. terreus*, *Fusarium solani* e *Gliocladium roseum* de degradar carbaril presente no solo (KUROKI; REGAN, 1992). O carbaril é um composto químico que pertence à família dos carbamatos, e é utilizado principalmente como inseticida.

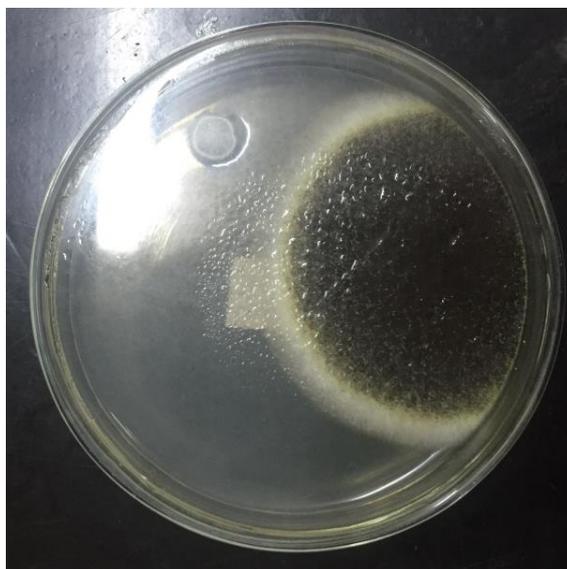
**Tabela 3.** Fungos isolados da terceira coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

<b>Colônia</b>	<b>UFC/ml</b>	<b>Espécies</b>
<b>Norte</b>		
N1.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
N2.3	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
N4.3	1x10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
N6.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
N3.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium decumbens</i>
N5.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus alliaceus</i>
<b>Sul</b>		
S1.3	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus oryzae</i>
<b>Leste</b>		
L1.3	30.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Oeste</b>		
O1.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
O2.3	1.10 <sup>2</sup>	<i>Gliocladium roseum</i>
Total	52.10 <sup>2</sup> UFC/ml	Espécies: 6

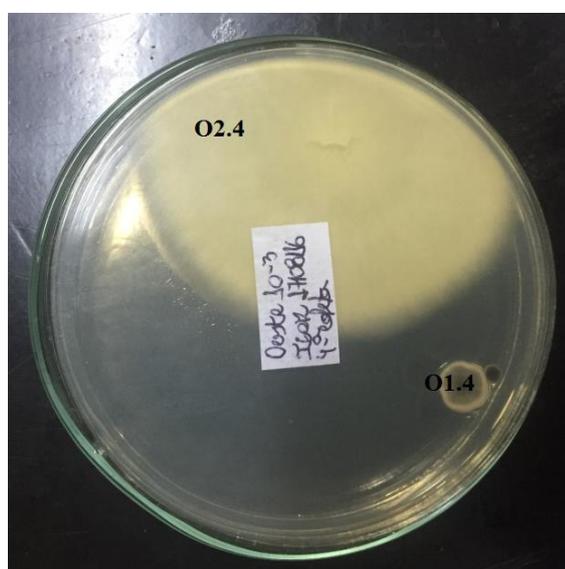
#### 4.4. Quarta coleta

Na placa da amostra a Oeste (diluição 10<sup>-3</sup>) da quarta coleta cresceram, após cinco dias de incubação na estufa, duas colônias: uma de coloração negra com uma borda amarelada mais interna e outra esbranquiçada mais externa e reverso amarelo esbranquiçado (**O2.4**); uma acinzentada elevada com borda branca e reverso apresentando a mesma coloração (**O1.4**). Na placa Sul 10<sup>-2</sup> cresceu uma colônia preta com borda interna amarelada e externa branca e reverso esbranquiçado (**S3.4**). Na placa Sul 10<sup>-3</sup> cresceu uma colônia acinzentada estriada com centro branco, com bordas

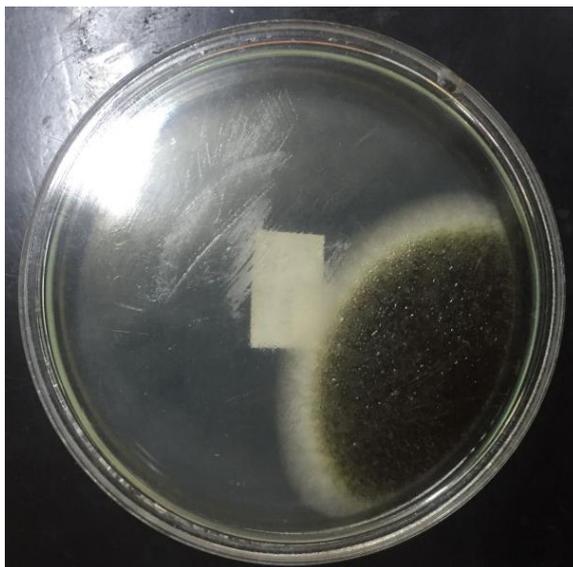
esbranquiçadas e reverso amarelo estriado (**S1.4**); e uma colônia branca aveludada e reverso esbranquiçado (**S2.4**). Na placa Norte  $10^{-3}$  cresceu a mesma colônia negra presente nas placas Oeste  $10^{-3}$  e Sul  $10^{-2}$  (**N1.4**) Por fim, na placa Leste  $10^{-3}$  cresceram 2 colônias negras com bordas esbranquiçadas e reverso amarelo estriado (**L1.4**)



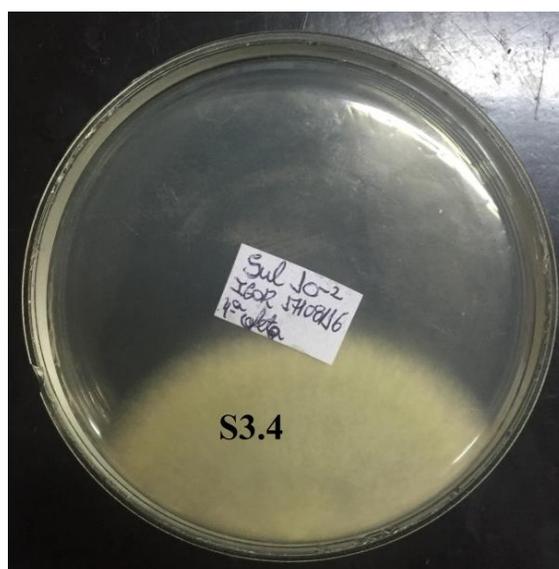
**Figura 32.** Anverso das colônias isoladas do Oeste (diluição  $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



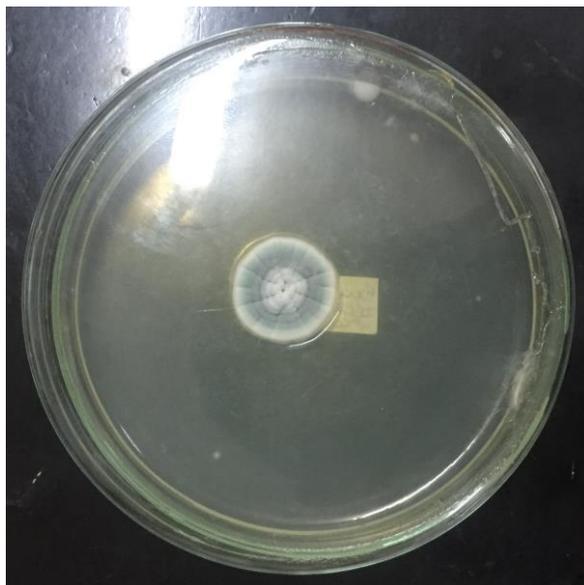
**Figura 33.** Reverso das colônias isoladas do Oeste (diluição  $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



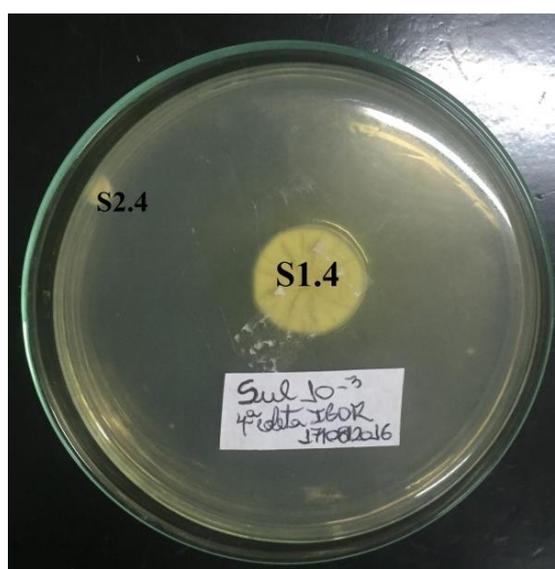
**Figura 34.** Anverso da colônia isolada do Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



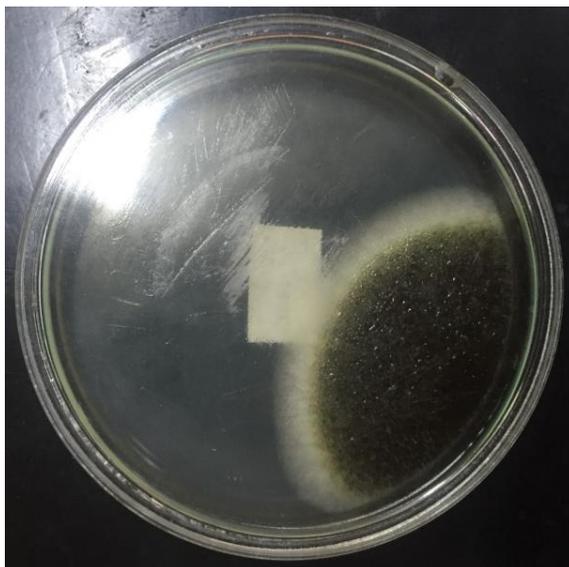
**Figura 35.** Reverso da colônia isolada do Sul (diluição  $10^{-2}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



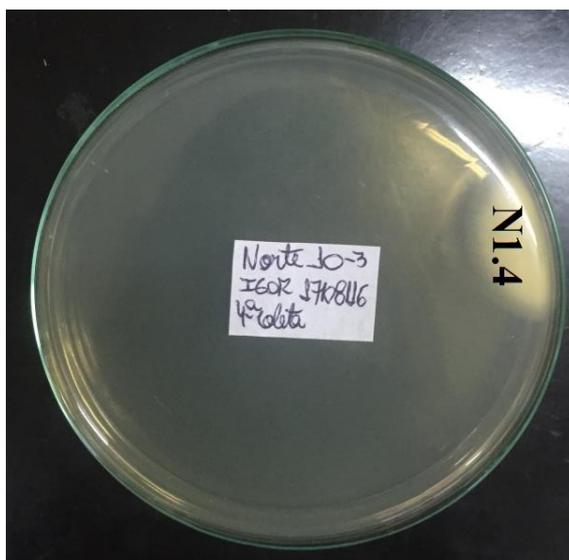
**Figura 36.** Anverso das colônias isoladas do Sul (diluição  $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



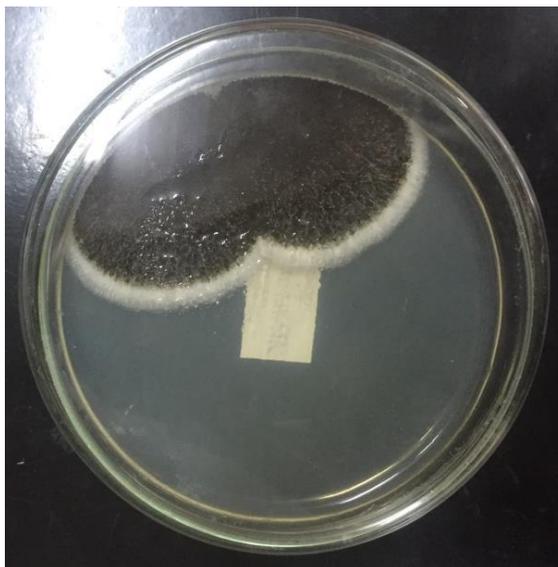
**Figura 37.** Reverso das colônias isoladas do Sul (diluição  $10^{-3}$ ) da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



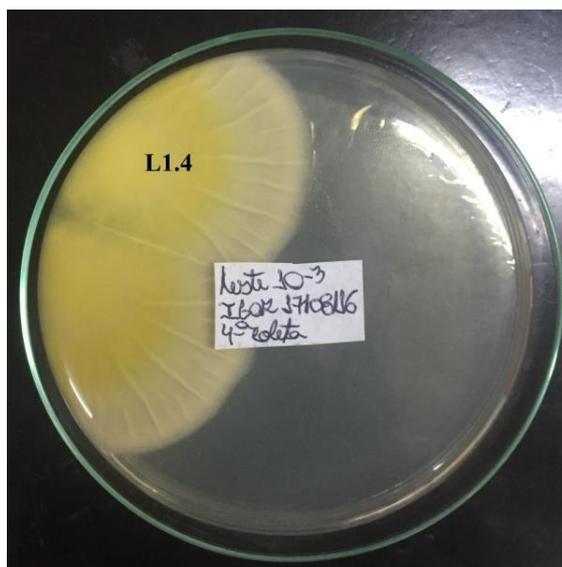
**Figura 38.** Anverso da colônia isolada do Norte da quarta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 39.** Reverso da colônia isolada do Norte da quarta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 40.** Anverso das colônias isoladas do Leste da quarta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 41.** Reverso das colônias isoladas do Leste da quarta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Após a macro e microscopia, constatou-se que a colônia **S1.4** tratava-se de um *Penicillium citrinum*. Sua colônia é acinzentada levemente elevada, bastante estriada com bordas bem definidas. Houve produção de exsudato transparente. Seu reverso é amarelo pálido e estriado. Microscopicamente, o conidióforo é liso, sendo bi e/ou triverticilado. O conídio é verde-azulado e esférico (HOUBRAKEN et al., 2010) (Apêndice).

Acharya e colaboradores em 2003 e MEHTA e colaboradores em 2010

demonstraram que *Penicillium citrinum* possui capacidade de solubilização de óxidos de manganês graças à sua habilidade de secretar ácidos tartárico, cítrico, oxálico e málico (ACHARYA et al., 2003; MEHTA et al., 2010). Entretanto, não se recomenda utilizar espécies fúngicas que oxidam o manganês para a biorremediação de águas contaminadas, mas deve ser ressaltado que elas são importantes no ciclo biogeoquímico de manganês (BURGSTALLER et al., 1993).

Verificou-se que a colônia **O1.4** pertencia à espécie *Cladosporium sp.* Sua colônia apresentou coloração acastanhada com borda definida, sendo elevada e estriada. A superfície da colônia apresentou aparência pilosa. Seu reverso é estriado, acastanhado no centro e branco na borda, mas à medida que envelhece adquire uma coloração mais escura. Os conidióforos apresentavam ramificações apenas na região apical e apresentavam coloração marrom-olivácea à marrom, possuindo superfície lisa. Os conídios eram produzidos em cadeias e tinham um formato ovóide à fusiforme e possuem coloração marrom-olivácea escuro (ELLIS, 1971) (Apêndice).

Um estudo realizado por MOTA (2015) mostrou que um isolado pertencente ao gênero *Cladosporium* foi o mais eficiente dentre outros isolados de *Aspergillus*, *Hypocrea* e *Penicillium* na biorremediação de Manganês ( $Mn^{2+}$ ), onde o fungo utilizou-se do mecanismo de adsorção associado à secreção de lacase extracelular. Entretanto, segundo a autora, outros estudos devem ser feitos para que se conclua se as lacases é que contribuem para a biorremediação ou se esse fenômeno só acontece devido à adsorção.

Após a macro e microscopia constatou-se que a colônia **S2.4** pertencia à espécie *Aspergillus fumigatus*. Sua colônia apresentou coloração verde-acinzentada e aspecto poroso. Seu reverso é amarelo pálido e liso. Na microscopia, observaram-se células conidiogênicas unisseriadas com cabeças de conídios colunares que possuíam tonalidade azul-esverdeada na parte superior e forma de frasco. A estipe do conidióforo possui parede lisa e a vesícula é subclavada. O conídio é verrucoso e sub esférico (RAPER; FENNEL, 1965) (Apêndice).

**Tabela 4.** Fungos isolados da quarta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Colônia	UFC/ml	Gênero/Espécie
<b>Norte</b>		
N1.4	$10.10^2$	<i>Aspergillus niger</i>

<b>Sul</b>		
S1.4	10.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium citrinum</i>
S2.4	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
S3.4	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Leste</b>		
L1.4	20.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Oeste</b>		
O1.4	10.10 <sup>2</sup>	<i>Cladosporium spp.</i>
O2.4	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
Total	80.10 <sup>2</sup> UFC/MI	Espécies: 4

#### 4.5. Quinta coleta

Na placa da amostra ao Norte da quinta coleta (diluição 10<sup>-3</sup>) cresceram, após 4 dias de incubação a temperatura ambiente, 10 colônias brancas felpudas, elevadas e reverso amarelo-pálido (**N1.5**); 1 colônia com aspecto aveludado e reverso amarelo queimado (**N2.5**); 1 colônia com bordas amareladas bem definidas, elevado, com aspecto camurça e o centro acinzentado e reverso amarelo queimado levemente estriado (**N3.5**).

Na placa Norte diluição 10<sup>-2</sup> cresceu uma colônia de aspecto branco algodinoso e reverso esbranquiçado (**N4.5**); 6 colônias verde pálidas pulverulentas e reverso amarelo claro (**N5.5**) e 3 colônias amarelo-esverdeadas levemente aveludadas e reverso amarelo queimado com bordas bem definidas (**N6.5**).

Na placa Sul diluição 10<sup>-2</sup> cresceu uma colônia com bordas brancas e centro rosa e reverso bronze no centro e alaranjado nas bordas (**S1.5**); 4 colônias brancas na borda e verdes no centro, com aspecto pulverulento e reverso amarelo esbranquiçado (**S2.5**) e 3 colônias com aspecto felpudo, verde-claro no centro e branco na borda e reverso amarelo queimado (**S3.5**). Na placa Sul diluição 10<sup>-3</sup> também cresceram colônias de **S3.5** e 2 colônias de *A. niger* (**S4.5**).

Na placa Oeste diluição 10<sup>-2</sup> cresceram 3 colônias verde-musgo pulverulenta e reverso branco estriado (**O1.5**); 1 colônia levemente esverdeada pulverulenta e reverso amarelo pálido (**O2.5**). Na placa Oeste diluição 10<sup>-3</sup> cresceu uma colônia verde-musgo

no centro, elevada, branca nas bordas e reverso branco (**O3.5**) e 3 colônias azul-esverdeado muito pulverulenta e reverso esbranquiçado (**O4.5**).

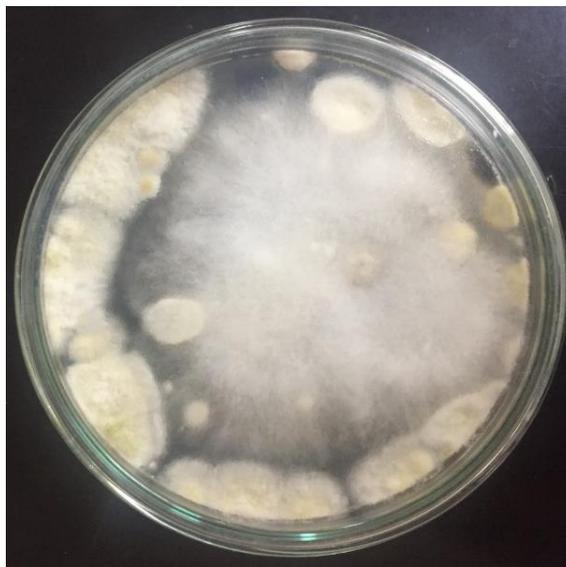
Na placa Leste diluição  $10^{-2}$  cresceram 2 colônias brancas na borda e cinza no centro, com aspecto camurça, elevadas e reverso amarelo queimado levemente deprimido (**L2.5**). Na placa Leste diluição  $10^{-3}$  cresceram 2 colônias cinzas no centro e brancas na borda, levemente estriada e amarelo queimado em uma leve depressão (**L3.5**); 1 colônia felpuda verde-musgo elevada com reverso esbranquiçado estriado (**L4.5**); 1 colônia branca lanosa com reverso amarelo-pálido (**L5.5**) e 1 colônia branca algodonosa com reverso amarelo-queimado no centro e amarelo esbranquiçado na borda (**L6.5**).



**Figura 42.** Anverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



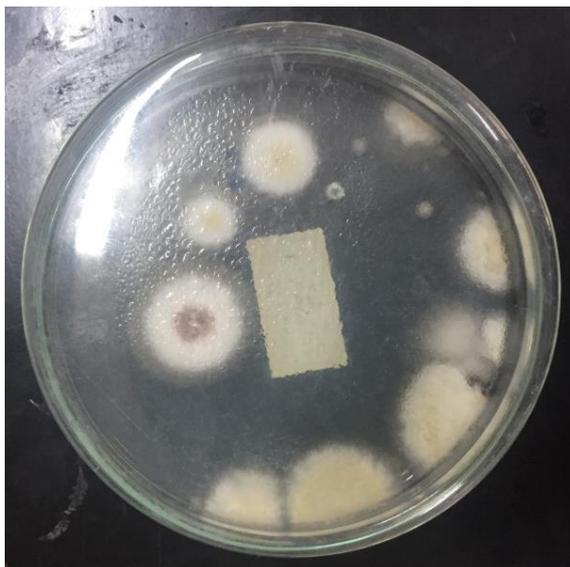
**Figura 43.** Reverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



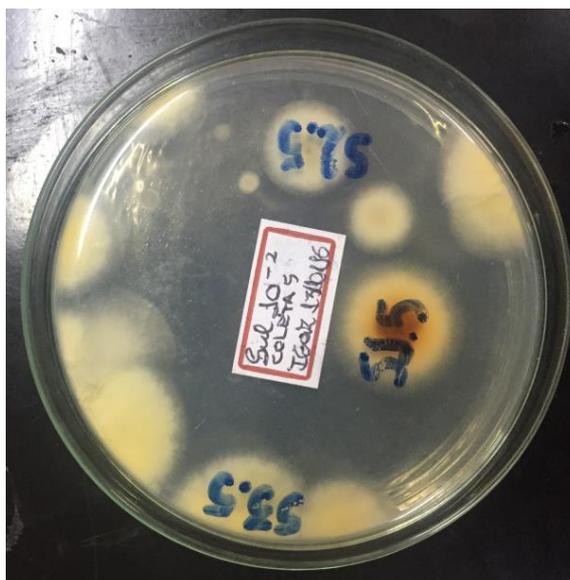
**Figura 44.** Anverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 45.** Reverso das colônias isoladas do Norte da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 46.** Anverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 47.** Reverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



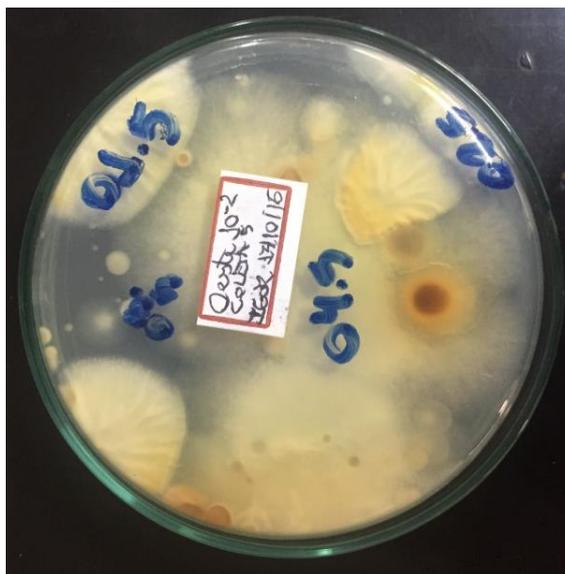
**Figura 48.** Anverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



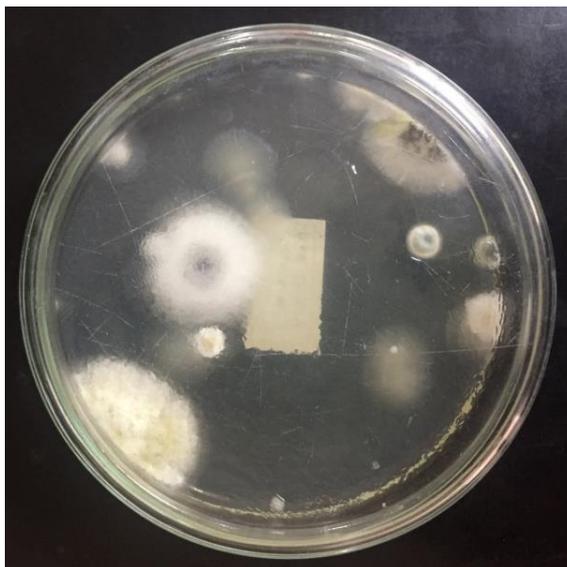
**Figura 49.** Reverso das colônias isoladas do Sul da quinta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



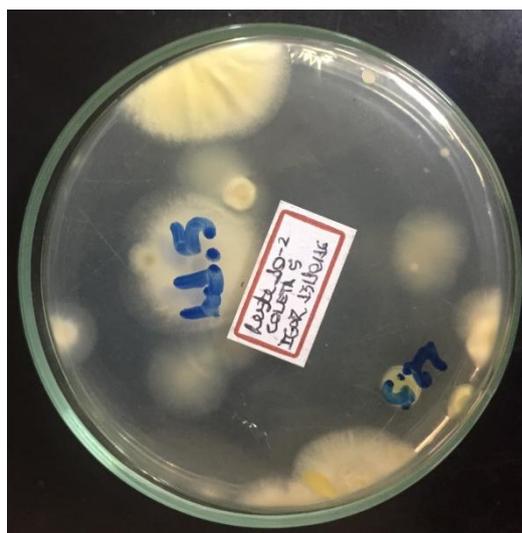
**Figura 50.** Anverso das colônias isoladas do Oeste da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 51.** Reverso das colônias isoladas do Oeste da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 52.** Anverso das colônias isoladas do Leste da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 53.** Reverso das colônias isoladas do Leste da quinta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Constatou-se que as colônias **O3.5**, **O4.5** e **N4.5** pertenciam à espécie *Trichoderma koningii*. Sua colônia apresentou coloração verde-acinzentada e aspecto algodinoso e reverso esbranquiçado liso. Na microscopia, observou-se hifas septadas e conídios verdes, esféricos e lisos. Os conidióforos são ramificados de forma piramidal, com ramos curtos perto da ponta e ramos mais longos na parte inferior (DE HOOG et al., 2000, p. 946) (Apêndice).

Um estudo mostrou que alguns fungos incluindo *Gliocladium roseum* e *Trichoderma koningii*, ambas espécies encontradas nas áreas de coleta, mostraram uma significativa capacidade de adaptação a ambientes poluídos e de biodegradar esses poluentes, enquanto outros como *Aspergillus terreus*, por exemplo, foram menos afetados pela aclimatização na presença ou ausência de aditivos não calóricos, como a glicerina e metil celulose, que são substâncias que podem ser encontradas em dejetos industriais (MEYSAMI; BAHERI, 2003; GARON; SAGE; WOUESSIDJEWÉ, 2004).

Verificou-se que a colônia **S2.5** pertencia à espécie *Aspergillus ochraceus*. A colônia apresenta coloração amarelo ocre, é pulverulenta e seu reverso é esbranquiçado e liso. Na microscopia, observou-se conidióforo rugoso e hialino, cabeça conidial radiada, vesícula hemisférica e células conidiogênicas unisseriadas. O conídio esférico é levemente rugoso (DE HOOG et al., 2000, p. 494) (Apêndice).

Um estudo realizado por Lira; Oliveira; Orlanda (2012) mostrou que *A. ochraceus* (MI-02), *A. niger* (MA-06) e *Aspergillus sp.* (MA-01) foram as espécies que melhor cresceram em meios com carbofuran, um dos mais tóxicos pesticidas do grupo carbamato e que é largamente utilizado contra diversas pragas em diferentes culturas, na concentração de 100 µg ml<sup>-1</sup>. Entretanto, apenas *A. ochraceus* produziu uma enzima (MnP) considerada como a principal enzima degradadora do carbofuran, o que indica que esse fungo é o mais indicado na biorremediação de solo contaminado com esse pesticida.

As colônias **S1.5** e **O5.5** pertenciam à espécie *Fusarium solani*. Sua colônia apresentou aspecto algodinoso e seu reverso era esbranquiçado e liso. A microscopia revelou esporódoquias verde azuladas e conidióforos que se erguiam lateralmente da hifa aérea. Os macroconídios eram produzidos a partir de um conidióforo curto e ramificado (DE HOOG et al., 2006, p. 700) (Apêndice).

A colônia **N3.5** pertencia à espécie *Penicillium purpurogenum*. A colônia era plana, velutinoso e possuía margem inteira. O micélio inicialmente era branco e depois adquiriu uma coloração avermelhada e não houve presença de exudato. O reverso era vermelho acinzentado. A microscopia revelou conidiogênese abundante e conídios verde acinzentados e lisos. A estipe do conidióforo era septada e os verticilos eram biverticilados e ocasionalmente monoverticilados. As fiáides nos verticilos estão em acrose. Os conídios são sub-esféricos e lisos (DE HOOG et al., 2000, p. 838) (Apêndice).

Foi relatada por Say; Yilmaz; Denizli (2004) a capacidade de *Penicillium purpurogenum* de se ligar ao Cromo hexavalente, composto químico usado com frequência como pigmento para fotografia, pigmentos diversos, tintas, plásticos etc. Verificou-se que essa capacidade é dependente do pH e a capacidade de absorção aumentou com o aumento do pH, e ainda: a biomassa fúngica foi reutilizada seis vezes não havendo diminuição significativa na capacidade de bioabsorção (LEITÃO, 2009).

Em outro estudo, foi verificada a capacidade de um consórcio fúngico das espécies *A. flavus*, *A. tamarii* e *Trichoderma* sp. e de *P. purpurogenum* isoladamente (todas encontradas nesse estudo) de degradar vários corantes sintéticos. *A. tamarii* descoloriu >90% o Azul de Coomassie, corante azul utilizado para melhorar a visibilidade de microrganismos em microscópios, Azul de Bromofenol, corante utilizado para monitorar a migração de moléculas em experimentos com fragmentos de DNA e Verde Malaquita, substância que além de corante, também é utilizada como antimicrobiano em aquiculturas, enquanto que *P. purpurogenum* descoloriu 52% dessas substâncias (RAMALINGAM et al., 2010).

**Tabela 5.** Fungos isolados da quinta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Colônia	UFC/ml	Gênero/Espécie
<b>Norte</b>		
N1.5	100.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus tamarii</i>
N2.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
N3.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium purpurogenum</i>
N4.5	1.10 <sup>2</sup>	<i>Trichoderma koningii</i>
N5.5	6.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus tamarii</i>
<b>Sul</b>		
S1.5	1.10 <sup>2</sup>	<i>Fusarium solani</i>
S2.5	4.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus ochraceus</i>
S3.5	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus tamarii</i>

S4.5	20.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus niger</i>
<b>Leste</b>		
L2.5	2.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium citrinum</i>
L3.5	20.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium citrinum</i>
L4.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
L5.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
L6.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus terreus</i>
<b>Oeste</b>		
O1.5	3.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
O2.5	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus oryzae</i>
O3.5	10.10 <sup>2</sup>	<i>Trichoderma koningii</i>
O4.5	30.10 <sup>2</sup>	<i>Trichoderma koningii</i>
Total	251.10 <sup>2</sup>	Espécies: 11

#### 4.6. Sexta coleta

Na placa da amostra do Sul da sexta coleta (diluição 10<sup>-3</sup>) cresceram, após 5 dias de incubação a temperatura ambiente, 4 colônias negras com bordas brancas, pulverulentas e com reverso amarelo queimado estriado (**S1.6**).

Na placa Leste diluição 10<sup>-2</sup> observou-se o crescimento de uma colônia branca, felpuda e elevada com reverso amarelo queimado liso (**L1.6**), 6 colônias algodonosas, com coloração verde-claro no centro e branca nas bordas e reverso amarelo levemente estriado (**L2.6**), 2 colônias verde-azuladas com aspecto pulverulento, estriada e reverso amarelo pálido estriado (**L3.6**) e 1 colônia acinzentada no centro, elevada nas bordas e reverso amarelo queimado com uma leve depressão central (**L4.6**). Na placa Sul diluição 10<sup>-2</sup> cresceram 10 das mesmas colônias de **L2.6** (**S2.6**).

Na placa Oeste diluição 10<sup>-2</sup> observou-se o crescimento de 1 colônia de coloração ocre, levemente pulverulenta e algodonosa com bordas brancas e reverso alaranjado

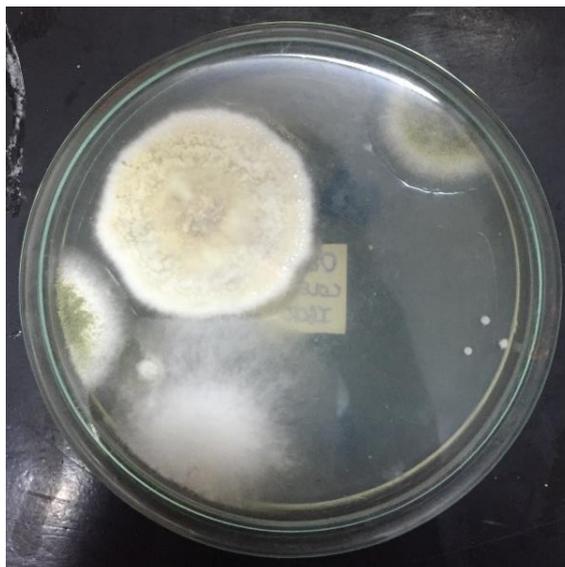
levemente estriado (**O1.6**), 1 colônia esbranquiçada algodonosa e reverso amarelo pálido (**O2.6**) e 2 colônias verde musgo no centro e reverso esbranquiçado, com aspecto pulverulento e reverso amarelo queimado levemente estriado (**O3.6**).



**Figura 54.** Anverso das colônias isoladas do Norte da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



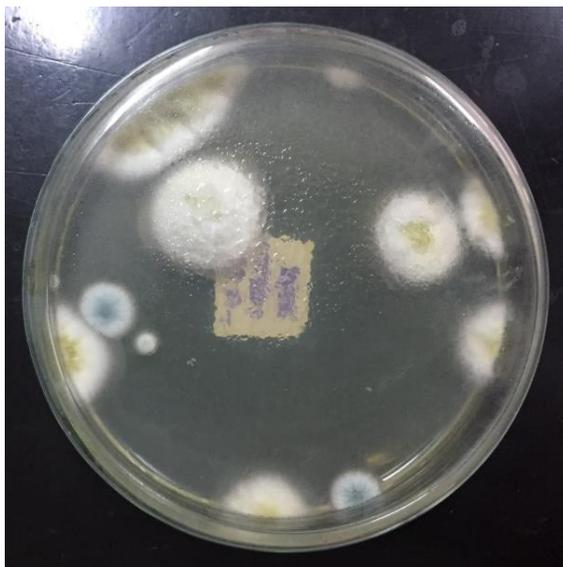
**Figura 55.** Reverso das colônias isoladas do Norte da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



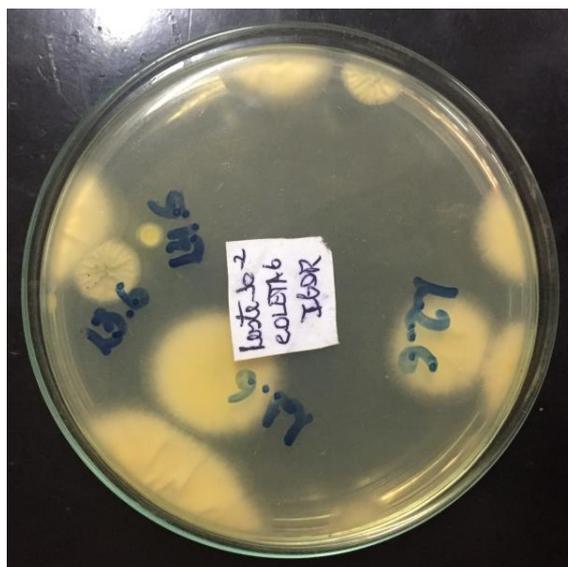
**Figura 56.** Anverso das colônias isoladas do Oeste da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



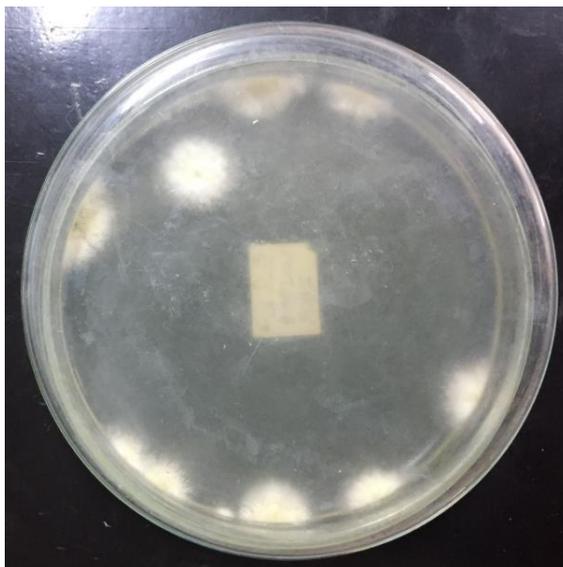
**Figura 57.** Reverso das colônias isoladas do Oeste da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



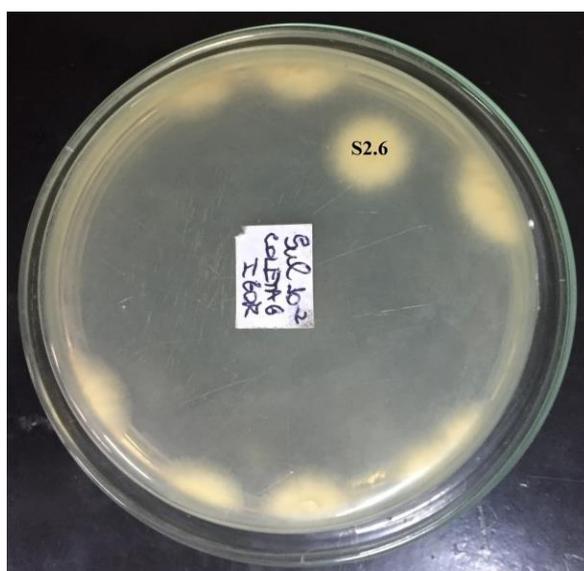
**Figura 56.** Anverso das colônias isoladas do Leste da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 55.** Reverso das colônias isoladas a Leste da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 56.** Anverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 57.** Reverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-2}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 58.** Anverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 59.** Reverso das colônias isoladas do Sul da sexta coleta (diluição  $10^{-3}$ ) da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

**Tabela 6.** Fungos isolados da sexta coleta da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Colônia	UFC/ml	Gênero/Espécie
<b>Norte</b>		
N1.6	$10 \cdot 10^2$	<i>Aspergillus candidus</i>
N2.6	$20 \cdot 10^2$	<i>Penicillium citrinum</i>
<b>Sul</b>		
S1.6	$40 \cdot 10^2$	<i>Aspergillus niger</i>
S2.6	$10 \cdot 10^2$	<i>Aspergillus flavus</i>

<b>Leste</b>		
L1.6	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
L2.6	6.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
L3.6	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
L4.6	1.10 <sup>2</sup>	<i>Penicillium citrinum</i>
<b>Oeste</b>		
O1.6	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus terreus</i>
O2.6	1.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus ochraceus</i>
O3.6	2.10 <sup>2</sup>	<i>Aspergillus flavus</i>
Total	94.10 <sup>2</sup> UFC/MI	Espécies: 7

**Tabela 7.** Tabela dos fungos isolados da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

Gênero/ Espécie	1 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	2 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	3 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	4 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	5 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	6 <sup>a</sup> coleta UFC/MI	UFC/MI (Total)	T	UR
<i>Aspergillus niger</i>	40.10 <sup>2</sup>	4.10 <sup>2</sup>	35.10 <sup>2</sup>	50.10 <sup>2</sup>	20.10 <sup>2</sup>	40.10 <sup>2</sup>	<b>189.10<sup>2</sup></b>	29 a 32° C	60 a 79 %
<i>Aspergillus terreus</i>	0	1.10 <sup>2</sup>	0	0	10.10 <sup>2</sup>	1.10 <sup>2</sup>	<b>12.10<sup>2</sup></b>	30 a 32° C	61 a 79 %
<i>Aspergillus flavus</i>	3.10 <sup>2</sup>	1.10 <sup>2</sup>	0	0	23.10 <sup>2</sup>	19.10 <sup>2</sup>	<b>46.10<sup>2</sup></b>	30 a 32° C	60 a 79 %
<i>Aspergillus oryzae</i>	0	0	3.10 <sup>2</sup>	0	1.10 <sup>2</sup>	0	<b>4.10<sup>2</sup></b>	30° a 32°	61 a 69

								C	%
<i>Aspergillus flavipes</i>	3.10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	<b>3.10<sup>2</sup></b>	30° C	75 %
<i>Aspergillus tamaritii</i>	5.10 <sup>2</sup>	0	0	0	106.10 <sup>2</sup>	0	<b>111.10<sup>2</sup></b>	30 a 32° C	69 % a 75 %
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	0	0	10.10 <sup>2</sup>	10.10 <sup>2</sup>	2.10 <sup>2</sup>	<b>22.10<sup>2</sup></b>	29 a 32° C	60 a 69 %
<i>Aspergillus alliaceus</i>	0	0	1.10 <sup>2</sup>	0	0	0	<b>1.10<sup>2</sup></b>	29° C	62 %
<i>Aspergillus avenaceus</i>	3.10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	<b>3.10<sup>2</sup></b>	30° C	75 %
<i>Aspergillus nidulans</i>	6.10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	<b>6.10<sup>2</sup></b>	30° C	75 %
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0	0	0	0	4.10 <sup>2</sup>	1.10 <sup>2</sup>	<b>5.10<sup>2</sup></b>	32° C	61 %
<i>Aspergillus candidus</i>	2.10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	10.10 <sup>2</sup>	<b>12.10<sup>2</sup></b>	30° C	75 %
<i>Penicillium decumbens</i>	0	0	1.10 <sup>2</sup>	0	0	0	<b>1.10<sup>2</sup></b>	30° C	62 %
<i>Penicillium citrinum</i>	0	0	0	10.10 <sup>2</sup>	22.10 <sup>2</sup>	21.10 <sup>2</sup>	<b>53.10<sup>2</sup></b>	29 a 32° C	61 a 69 %
<i>Penicillium purpurogenum</i>	0	0	0	0	10.10 <sup>2</sup>	0	<b>10.10<sup>2</sup></b>	32° C	61 %
<i>Cladosporium sp.</i>	0	0	0	10.10 <sup>2</sup>	0	0	<b>10.10<sup>2</sup></b>	29° C	62 %

<i>Fusarium solani</i>	0	0	0	0	1.10 <sup>2</sup>	0	<b>1.10<sup>2</sup></b>	32° C	61 %
<i>Trichoderma koningii</i>	0	0	0	0	41.10 <sup>2</sup>	0	<b>41.10<sup>2</sup></b>	32° C	61 %
<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	1.10 <sup>2</sup>	0	0	0	<b>1.10<sup>2</sup></b>	30° C	62 %
<b>Total de colônias isoladas</b>							<b>531.10<sup>2</sup></b>		

Legenda: T = Temperatura; UR = Umidade Relativa do Ar.

Os dados obtidos nesse estudo apontam que *Aspergillus niger* foi a espécie dominante (35%), seguida de *A. tamarisii* (21%), *Penicillium citrinum* (10%), *Aspergillus flavus* (8,7%) e *Trichoderma koningii* (7,7%).

Pela frequência *Aspergillus niger* foi encontrado em 50% de todas as amostras; *Aspergillus flavus* 33%, *Aspergillus tamarisii* e *Penicillium citrinum* 17% e *Aspergillus nidulans* e *Aspergillus fumigatus* 12% das amostras estudadas.

Com relação à sazonalidade, 68% dos fungos coletados foram encontrados somente em um período do ano (seco ou chuvoso), sendo que destes 46% ocorreu somente no período chuvoso e os outros 54% no período seco, enquanto que 32% dos fungos foram encontrados nos dois climas. Um dado que merece ser destacado é que no período de estiagem foi encontrada maior diversidade de gêneros fúngicos, o que sugere que nesse período provavelmente há maior dispersão dos propágulos devido à maior intensidade do vento, o que também é mostrado nos trabalhos de Bezerra et al., 2014b e Castelo Branco et al., 2012.

Os nossos resultados assemelham-se com os obtidos por Auxiliadora et al. (2006), onde foram isolados fungos filamentosos de um solo de ecossistema típico de caatinga na região Xingó do Nordeste brasileiro cujos gêneros predominantes, por espécie, foram: *Penicillium* (31), *Aspergillus* (17) e *Fusarium* (8). Enquanto os nossos resultados foram: *Aspergillus* (12), *Penicillium* (3), *Fusarium* (1), *Trichoderma* (1),

*Gliocladium* (1) e *Cladosporium* (1). Nota-se que os dois gêneros fúngicos predominantes foram os mesmos em razão dos dois solos estarem localizados na mesma região Nordeste do Brasil.

Nos nossos estudos encontramos maior quantidade de gêneros fúngicos do que os estudados por Auxiliadora et al. (2006). Isso talvez se deva ao fato dos solos estudados possuírem características diferentes, uma vez que o solo da Caatinga, segundo o Sistema Brasileiro de classificação de solos (1999) é, em geral, raso, rico em minerais e pobre em matéria orgânica, pois a decomposição desta matéria é afetada pelo calor e luminosidade, que são muito intensos durante todo ano neste ambiente. Já o solo da Laguna da Jansen é rico em matéria orgânica devido à presença de poluentes encontrados no esgoto doméstico que é despejado sob o corpo d'água, o que acaba por alterar as proporções estequiométricas de carbono, nitrogênio e fósforo no solo adjacente (ROJAS et al., 2013).

Para Dalfré et al. (2007) e Batista e Upadhyay (1965) *Aspergillus* e *Penicillium* são os gêneros mais frequentes no solo nordestino, o que concorda com os nossos resultados, uma vez que a maioria dos fungos isolados foram representantes desses dois gêneros.

Mollea et al. (2005) em seu trabalho realizado em Torino na Itália demonstraram que fungos filamentosos dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium* foram eficientes em degradar hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, composto orgânico derivado do petróleo, presente em solos contaminados com essa substância. Já os trabalhos de Ravelet et al. (2000) dizem que fungos dos gêneros *Gliocladium*, *Penicillium* e *Trichoderma*, dentre outros, degradam pireno, outro composto derivado do petróleo. Todos os fungos citados acima foram encontrados no presente trabalho, demonstrando que os referidos fungos se adaptam a ambientes com algum grau de poluição, podendo ser utilizados como bioindicadores de poluição.

Estudo realizado por Brito (2016) em São Luís do Maranhão revelou que *Aspergillus flavus* apresentou capacidade de biodegradar polipropileno, que é um polímero derivado do plástico reciclável, enquanto que *Aspergillus terreus* teve potencial de degradar politereftalato de etileno, também um polímero termoplástico utilizado como fibras para tecelagem e para embalagem de bebidas. Os fungos empregados no trabalho de Brito (2016) foram adquiridos da Coleção de Fungos da Universidade Federal do Maranhão e isolados do solo do Aterro da Ribeira, São Luís –

Maranhão, Brasil. Ambos os fungos foram também encontrados na área por nós estudada, onde a presença de materiais plásticos despejados inadequadamente é visível, indicando que essas espécies, se arranjas em consórcio microbiano, podem contribuir para a remediação desse ambiente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos no presente trabalho que:

- *Aspergillus* é o gênero fúngico de maior dominância no solo da Laguna da Jansen;

-*Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* são os fungos predominantes no solo da Laguna da Jansen;

-*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Gliocladium* e *Penicillium* são citados por outros estudos como bioindicadores de poluição, o que corroboramos neste trabalho;

-A presença destes fungos servem de orientação para futuras ações de biorremediação nesta área estudada, medidas essas que se fazem urgentes, visto que a Laguna da Jansen é um importante ponto turístico de São Luís e a poluição que se encontra nesse ecossistema representa um desperdício de seu potencial turístico.

-Todos os fungos isolados neste trabalho se encontram armazenados na Coleção de Fungos da Universidade Federal do Maranhão disponíveis aos pesquisadores da área.

**REFERÊNCIAS**

ACHARYA, C.; KAR, R. N.; SUKLA, L. B. Studies on reaction mechanism of bioleaching of manganese ore. **Minerals Engineering**, v. 16, n. 10, p. 1027-1030, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687503002395>>.

AUXILIADORA, M. et al. Fungos filamentosos isolados do solo em municípios na região Xingó, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006.

BATISTA, A.C.; UPADHYAY, H.P. Soil fungi from northeast Brazil. **I. Atas do Instituto de Micologia**, Universidade Federal de Pernambuco, v. 2, p. 319-350, 1965.

BEZERRA, F.B.; OLIVEIRA, M.A.C.L.; PEREZ, D.V.; ANDRADE, A.G. de; MENEGUELLI, N.A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.469-476, 2006.

BEZERRA, G. F. B.; ALMEIDA, F. C.; SILVA, M. A. C. N.; NASCIMENTO, A. C. B.; GUERRA, R. N. M.; VIANA, G. M. C.; MUNIZ FILHO, W. E.; COSTA, M. R. S. R.; ZAROR, L.; NASCIMENTO, M. D. S. B. Respiratory allergy to airborne fungi in São Luís – MA: clinical aspects and levels of IgE in a structured asthma program. **Journal of Asthma**, p. 1-7, 2014a.

BEZERRA, G. F. B.; GOMES, M. S.; SILVA, M. A. C. N.; SANTOS, R. M.; MUNIZ FILHO, W. E.; VIANA, G. M. C.; NASCIMENTO, M. D. S. B. Diversity and dynamics of airborne fungi in São Luis, State of Maranhão, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 47, n. 1, p. 69-73, 2014b.

BEZERRA, G. F. B.; SILVA, M. A. C. N.; SANTOS, R. M.; HAIDAR, D. M. C.; MUNIZ FILHO, W. E.; ROSA, I. G.; VIANA, G. M. C.; ZAROR, L. C.; NASCIMENTO, M. D. S. B. Avaliação da resposta IgE para o entendimento do papel de fungos do ar na alergia respiratória em crianças. **Brazilian Journal of Allergy and Immunology**, v. 2, n. 3, p. 119-124, 2014c.

BEZERRA, G. F. B.; HAIDAR, D. M. C.; SILVA, M. A. C. N.; MUNIZ FILHO, W. E.; SANTOS, R. M.; ROSA, I. G.; VIANA, G. M. C.; ZAROR, L.; NASCIMENTO, M. D. S. B. IgE serum concentration against airborne fungi in children with respiratory allergies. **Allergy, Asthma & Clinical Immunology**, v. 12, n. 18, 2016.

BRITO, D. J. **Avaliação da capacidade de biodegradação de Politereftalato de Etileno (PET) e o Polipropileno (PP), por consórcio de espécies fúngicas do aterro da Ribeira, São Luís, Maranhão**. 53 f. Trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Biologia. 2016.

BURGSTALLER; WOLFGANG; SCHINNER, F. Leaching of metals with fungi. **Journal of Biotechnology**, v. 27, n. 2, p. 91-116, 1993. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016816569390101R>>.

CASTELO BRANCO, P. V. G.; MONTEIRO, S. G.; MONTEIRO, C. A.; BORGES, K. R. A. Diversity and prevalence of airborne fungi isolated from São Luís, Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 44, n. 3-4, p. 132-138, 2012.

CLARK, F. E. Agar-plate method for total microbial count. In BLACK C. et al., Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. **American Society of Agronomy**, ed. Madison, Wisconsin USA, p. 1460-1466, 1965.

DALFRÉ, J. T.; RODRIGUES, J. P. B.; DONATO, B. G.; NETO, A. G.; CARVALHO, J. L.; OLIVEIRA, D. I. A.; PEREIRA, M. A.; FIORINI, J. E. Microbiota fúngica da conjuntiva, da cana-de-açúcar e de anemófilos da região canvieira de Monte Belo - Minas Gerais. **Arquivos Brasileiros de Oftamologia**, v. 70, n. 1, p. 445-449, 2007.

DE ALMEIDA ANDRADE, J.; AUGUSTO, F.; FONTES JARDIM, I. C. S. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Ecletica Quimica**, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.

DE HOOG, G. S.; GUARRO, J.; GENE, J.; FIGUERAS, M. J. Atlas of Clinical Fungi. 2 ed. Utrecht, The Netherlands: **Centraalbureau voor Schimmelcultures**, Utrecht, 2000. 1126 p.

ELLIS, D. **Mycology Online**. Disponível em: <[http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal\\_Descriptions/Hyphomycetes\\_\(hyaline\)/Aspergillus/nidulans.html](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Aspergillus/nidulans.html)>. Acesso em: 22 de out. 2016.

ELLIS, M. B. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Commonwealth Mycological Institute, Surrey: England, 1971.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: SPI, 1999. 412p.

FADIL, K. et al. Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 51, n. 1, p. 37-41, 2003.

GAMS, W. et al. Infrageneric taxa of aspergillus. **Advances in Penicillium and Aspergillus Systematics**, p. 55-62, 1985.

GARON, D.; SAGE, L.; WOUESSIDJEW, D. Enhanced degradation of fluorene in soil slurry by *Absidia cylindrospora* and maltosyl-cyclodextrin. **Chemosphere**, v. 56, p. 159-166, 2004.

GAYLARD, C. C.; BELLINASSO, M. L.; MANFIO, G. P. Aspectos biológicos e técnicas da biorremediação de xenobióticos. **Biotecnologia, Ciência e**

**Desenvolvimento**, Brasília, v. 8, n. 34, jan./jun. 2005. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/edicoes/ed34.php>>. Acesso em: 3 fev. 2016.

GÜNTER, H. *Poluição dos solos*. In: PHILIPPI JR., A., PELICIONI, M. C. (Eds). Educação Ambiental e Sustentabilidade. São Paulo: Manole, p.191, 2005.

HOUBRAKEN, J. A. M. P.; FRISVAD, J. C.; SAMSON, R. A. Taxonomy of *Penicillium citrinum* and related species. **Fungal Diversity**, v. 44, p. 117–133, 2010.

KUO, W.S.; REGAN, R.W. Degradation of carbaryl and 1-naphthol by spent mushroom compost microorganisms. **Water Science Technology**, v.26, n.9/11, p.2081-2084, 1992.

KHINDARIA, A.; GROVER, T. A.; AUST, S. D. Reductive dehalogenation of aliphatic halocarbons by ligning peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*. **Environmental Science Technology**, v. 29, p. 719-725, 1995.

LACAZ, C.S.; PORTO, E.; MARTINS, J.E.C.M.; HEISVACCARI, E.M.; MELO, N.T. Tratado de micologia médica. 9<sup>a</sup> ed, **Sarvier**, São Paulo, 2002.

LEITÃO, A. L. Potential of *Penicillium* species in the bioremediation field. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 6, n. 4, p. 1393–1417, 2009.

LIRA, R.K.S.; OLIVEIRA, R.B.; ORLANDA, J.F.F. Avaliação da atividade das enzimas peroxidase, peroxidase, manganês peroxidase e lacase de fungos com potencial de degradação do inseticida Carbofuran. **52º Congresso Brasileiro de Química**, 2012.

MACHIDA, M.; YAMADA, O.; GOMI, K. Genomics of *Aspergillus oryzae*: learning from the history of koji mold and exploration of its future. **DNA Research**, v. 15, n. 4, p. 173–183, 2008.

MACIEL, C. C. S.; TAKAKI, G. M.C.; GUSMÃO, N. B. Potencialidade de Fungos Filamentosos em Degradar Óleos Lubrificantes. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n. 1, p. 58–64, 2010.

MARY KENSA, V. Bioremediation - An overview. **Journal of Industrial Pollution Control**, v. 27, n. 2, p. 161–168, 2011.

MEHTA, K. D.; DAS, C.; PANDEY, B. D. Leaching of copper, nickel and cobalt from Indian Ocean manganese nodules by *Aspergillus niger*. **Hydrometallurgy**, v. 105, n. 1–2, p. 89-95, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X10002288>>.

MEYSAMI, P.; BAHERI, H. Pre-screening of fungi and bulking agents for

contaminated soil bioremediation. **Advances in Environmental Research**, v. 7, n. 4, p. 881–887, 2003.

MOLLEA, C.; BOSCO, F.; RUGGERI, B. Fungal biodegradation of naphthalene: microcosms studies. **Chemosphere**, v. 60, n. 5, p. 636-643, 2005.

MOTA, E. A. **Caracterização de fungos filamentosos com potencial para biorremediação de águas contaminadas com manganês**. 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. 2015.

MUKHERJEE, I.; MITTAL, A. Bioremediation of endosulfan using *Aspergillus terreus* and *Cladosporium oxysporum*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 75, n. 5, p. 1034–1040, 2005.

OLIVEIRA, S. D. DE. **Avaliação das técnicas de bioaumento fúngico e bioestímulo em processos de biorremediação utilizando solo contaminado por petróleo**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. 2008.

OU DOT, J. et al. Biodegradation potential of hydrocarbon-assimilating tropical fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 9, p. 1167–1173, 1993.

PASSOS, C. T. **Estudo da biodegradação do fenol por uma nova linhagem de *Aspergillus* sp.** 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Química. 2006.

PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; PELEGRINI, R.; FREIRE, M.; REYES, H. D.; MANSILLA, H. D.; DURAN, N. Evolution of ZnO, TiO<sub>2</sub> and supported ZnO on the photoassisted remediation of black liquor, cellulose and textile effluents. **Chemosphere**. v. 36, p. 2119-2133, 1998.

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. Uso de microorganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 975–1006, 2012.

PINHEIRO, Z. B., DAMASCENO, E. P., SILVA, G. M. M., RODRIGUES, K. SAMPAIO, G. M. M. S. Degradação de fenol por *Aspergillus niger* AN400 em reatores em batelada. **CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA – CONNEPI**, 2007.

RAMALINGAM et al. Decolorization of textile dyes by *Aspergillus tamarii*, mixed fungal culture and *Penicillium purpurogenum*. **Journal of Scientific and Industrial**

**Research**, v. 69, n. 2, p. 151–153, 2010.

RAPER, K. B.; FENNEL, D. I. The Genus *Aspergillus*. **Williams and Wilkins**. p. 1-686, 1965.

RAPER, K. B.; THOM, C. A manual of the *Penicillia*. **Marine Biological Laboratory (MBL) and Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)**. p. 1-878, 1949.

RAVELET, C.; KRIVOBOK, S.; SAGE, L. STEIMAN, R. Biodegradation of pyrene by sediment fungi. **Chemosphere**, v. 40, p. 557-563, 2000.

REBELO MOCHEL, F.; MACEDO, L. A. A.; REGO, M. M. C.; CUTRIM, M.V.; KOWARICK, M. A.; RODRIGUES, M. S.; CORREIA, M. M. F. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão**. São Luís. UFMA, 193 p., 1991.

RIBEIRO, M. C.; SOARES, M. M. S. R. Microbiologia prática: roteiro e manual. **Atheneu**, São Paulo, 2002.

RODRIGUES, P. B.; LIMA, D. Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo manejado com herbicidas. **Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1–4, 2013.

ROJAS, M. O. A. I.; COSTA NETO, J. J. G.; SIQUEIRA, L. F. S.; CAVALCANTE, P. R. S. Caracterização físico-química do sedimento da Laguna da Jansen, São Luís, MA. **Acta tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 25-29, 2013.

SAY, R.; YILMAZ, N.; DENIZLI, A. Removal of chromium(VI) ions from synthetic solutions by the fungus *Penicillium purpurogenum*. **Engineering in Life Sciences**, v. 4, n. 3, p. 276–280, 2004.

SCHWERDTFEGGER, F. **Ecologia de Animais**. Volume 3: Ecologia Comunidade. Paul Parey Verlag: Hamburg-Berlin, 1975.

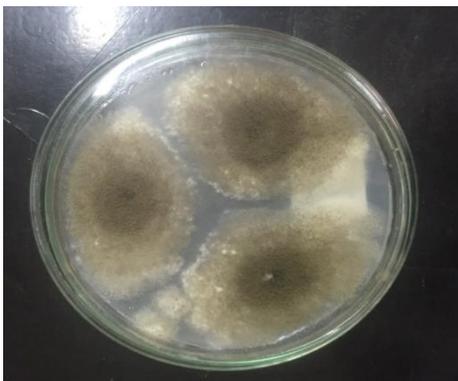
SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

SILVA, D. C. V.; TIAGO, P. V.; MATTOS, J. L. S.; PAIVA, L. M.; SOUZA-MOTTA, C. M. Isolamento de fungos filamentosos do solo de sistemas agrofloretais do Município de Bom Jardim (PE) com base na capacidade de produção de enzimas hidrolíticas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 607-610, 2011.

THE WEATHER COMPANY. Previsão do tempo, 2016. Disponível em: <<https://weather.com>>. Acesso em: Abr. – Nov. 2016.

WALL, D. H.; NIELSEN, U. N.; SIX, J. Soil biodiversity and human health. **Nature**, v. 528, p. 69-76, 2015.

## APÊNDICE



**Figura 60.** Anverso de colônia de *A. nidulans* em meio Czapeck Dox isolada ao Norte, Sul e Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



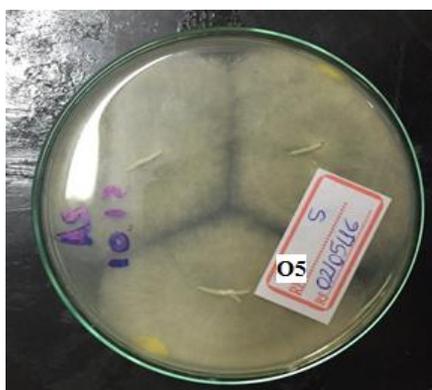
**Figura 61.** Reverso de colônia de *A. nidulans* em meio Czapeck Dox isolada ao Norte, Sul e Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016



**Figura 62.** Microscopia de *A. nidulans*.



**Figura 63.** Anverso de colônia de *A. niger* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 64.** Reverso de colônia de *A. niger* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



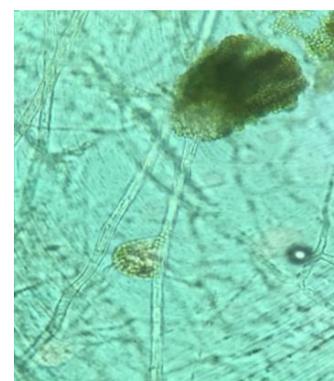
**Figura 65.** Microscopia de *A. niger*.



**Figura 66.** Anverso de colônia de *A. flavus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada ao Norte e Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 67.** Reverso de colônia de *A. flavus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada ao Norte e Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 68.** Microscopia de *A. flavus*.



**Figura 69.** Anverso de colônia de *Aspergillus flavipes* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada ao Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 70.** Reverso de colônia de *Aspergillus flavipes* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada a Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 71.** Microscopia de *Aspergillus flavipes*.



**Figura 72.** Anverso de colônia de *A. avenaceus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 73.** Anverso de colônia de *A. avenaceus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



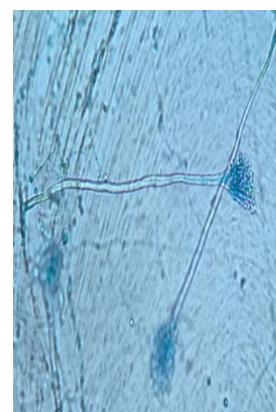
**Figura 74.** Microscopia de *A. avenaceus*.



**Figura 75.** Anverso de colônia de *Aspergillus candidus* em meio Czapeck DOX isolada ao Oeste e Sul da Laguna da



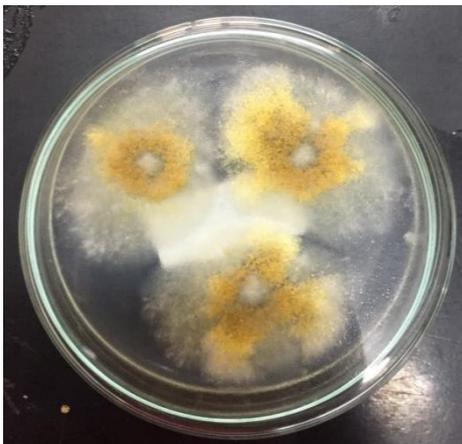
**Figura 76.** Reverso de colônia de *Aspergillus candidus* em meio Czapeck DOX isolada ao Oeste e Sul da Laguna da



**Figura 77.** Microscopia de *Aspergillus candidus*.

Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

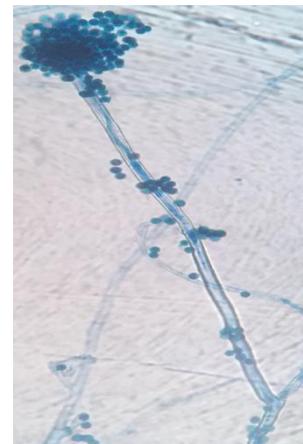
Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 78.** Anverso de colônia de *Aspergillus tamarii* em meio Czapeck Dox isolada ao Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 79.** Reverso de colônia de *Aspergillus tamarii* em meio Czapeck Dox isolada ao Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



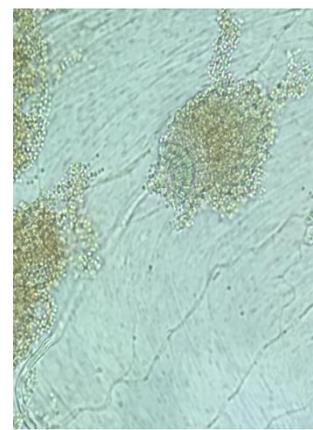
**Figura 80.** Microscopia de *A. tamarii*.



**Figura 81.** Anverso de colônia de *A. terreus* isolada ao Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 82.** Reverso de colônia de *A. terreus* isolada ao Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 83.** Microscopia de *A. terreus*.



**Figura 84.** Anverso de colônia de *Penicillium decumbens* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada ao Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

**Figura 85.** Reverso de colônia de *Penicillium decumbens* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada ao Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

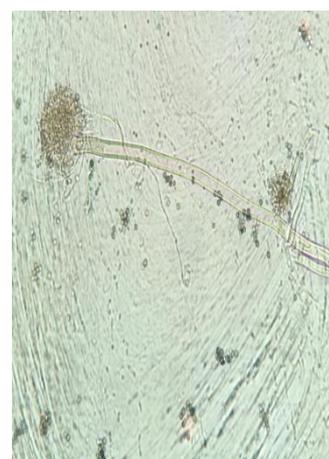


**Figura 86.** Microscopia de *P. decumbens*.



**Figura 87.** Anverso de colônia de *Aspergillus alliaceus* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada do Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

**Figura 88.** Reverso de colônia de *Aspergillus alliaceus* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada do Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 89.** Microscopia de *A. alliaceus*.



**Figura 90.** Anverso de colônia de *A. oryzae* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 91.** Reverso de colônia de *A. oryzae* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do o Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 92.** Microscopia de *A. oryzae*.



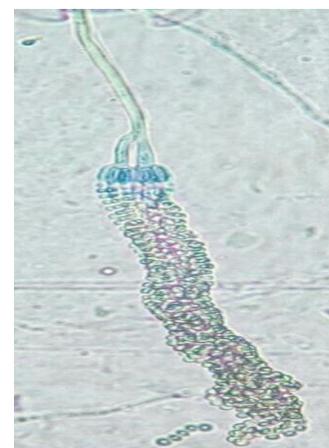
**Figura 93.** Anverso de colônia de *Gliocladium roseum* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 94.** Reverso de colônia de *Gliocladium roseum* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



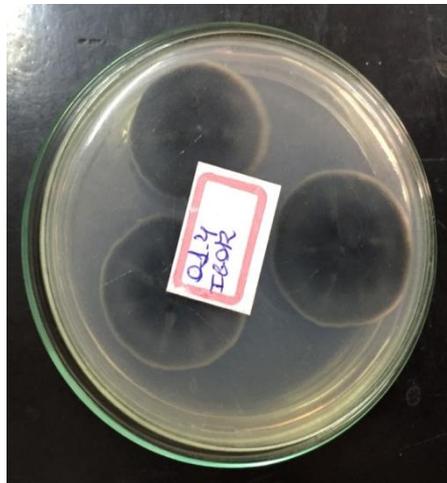
**Figura 95.** Microscopia de *Gliocladium roseum*.



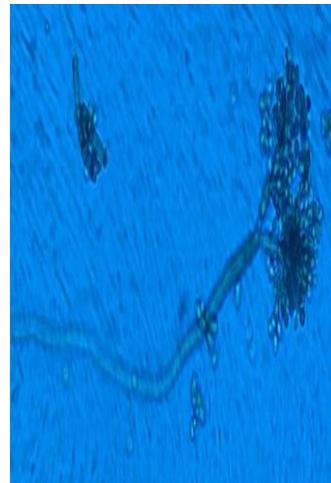
**Figura 96.** Anverso de colônia de *Penicillium citrinum* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



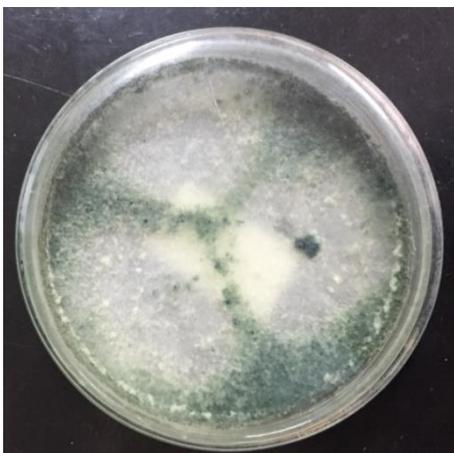
**Figura 97.** Reverso de colônia de *Penicillium citrinum* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



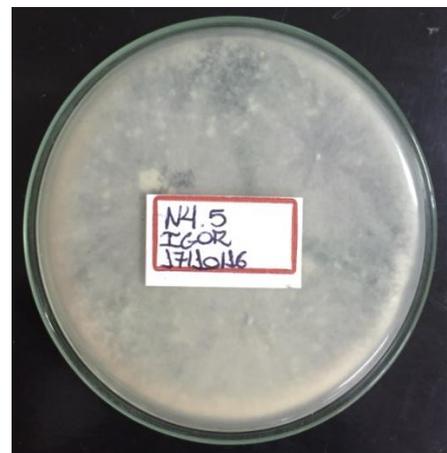
**Figura 98.** Microscopia de *Penicillium citrinum*.



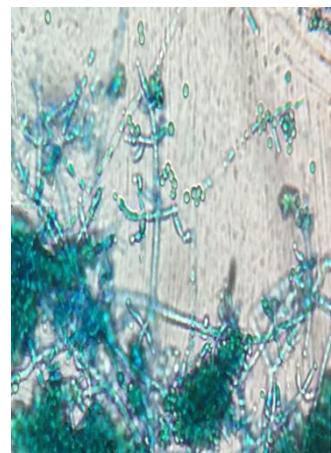
**Figura 99.** Anverso de colônia de *Cladosporium sp.* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 100.** Reverso de colônia de *Cladosporium sp.* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada do Oeste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 101.** Microscopia de *Cladosporium sp.*



**Figura 102.** Anverso de colônia de *Trichoderma koningii* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada do Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

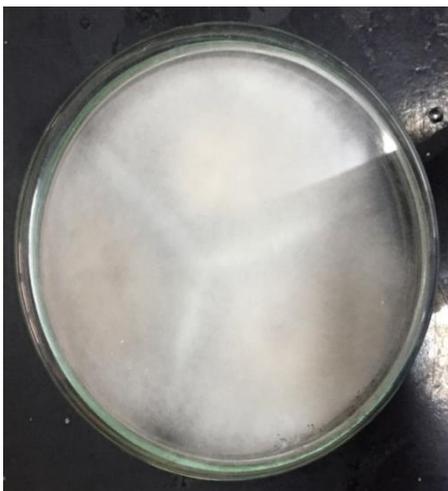


**Figura 103.** Reverso de colônia de *Trichoderma koningii* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada do Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.

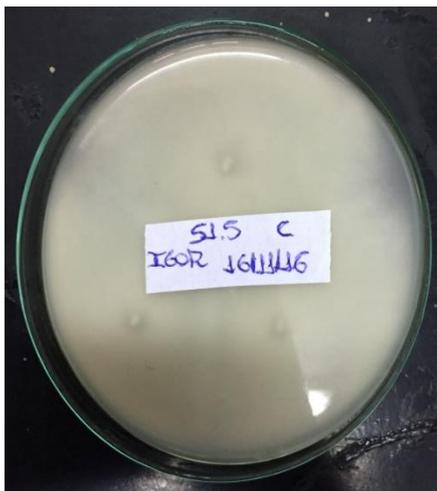


**Figura 104.** Microscopia de *T. koningii*.

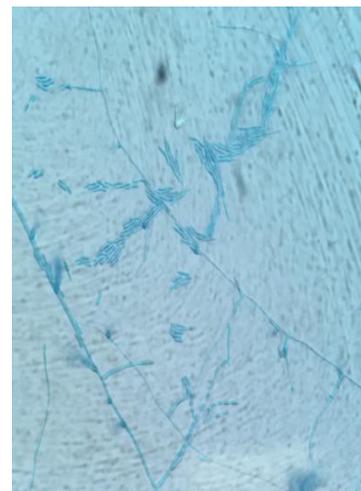




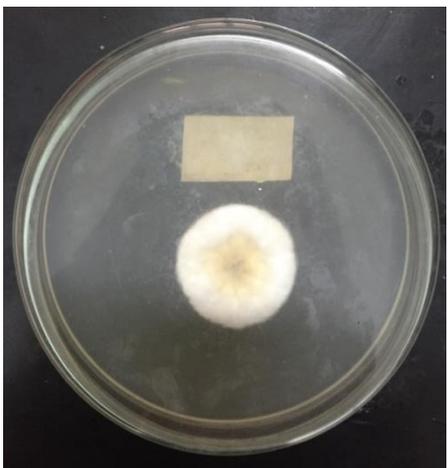
**Figura 105.** Anverso de colônia de *Fusarium solani* isolada em meio Czapeck DOX isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 106.** Reverso de colônia de *Fusarium solani* isolada em meio Czapeck DOX isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 107.** Microscopia de *Fusarium solani*.



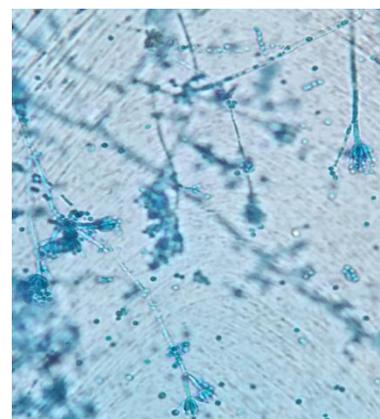
**Figura 108.** Anverso de colônia de *Aspergillus ochraceus* isolada em meio Ágar Sabouraud isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 109.** Reverso de colônia de *Aspergillus ochraceus* isolada em meio Ágar Sabouraud isolada do Sul da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



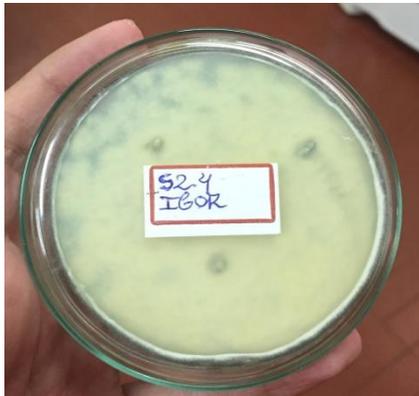
**Figura 110.** Microscopia de *Aspergillus ochraceus*.



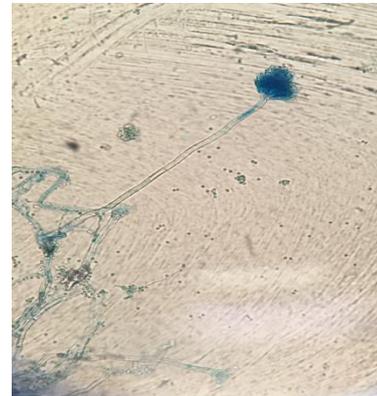
**Figura 111.** Anverso de colônia de *Penicillium purporogenum* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada a Norte da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 112.** Reverso de colônia de *Penicillium purporogenum* em meio Ágar Batata Dextrose (BDA) isolada a Norte do ponto E da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 113.** Microscopia de *Penicillium purporogenum*.



**Figura 114.** Anverso de colônia de *Aspergillus fumigatus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Sul, Norte e Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 115.** Anverso de colônia de *Aspergillus fumigatus* em meio Ágar Sabouraud Dextrose isolada a Sul, Norte e Leste da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil, 2016.



**Figura 116.** Microscopia de *A. fumigatus*.

