



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO

THAMYRES OLIVEIRA DOS SANTOS

**ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS COM POTENCIAL
PATOGENICO ORIUNDAS DE FEZES DE POMBOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Recife
2026

THAMYRES OLIVEIRA DOS SANTOS

**ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS COM POTENCIAL
PATOGENICO ORIUNDAS DE FEZES DE POMBOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciências Biológicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Maranhão Chaves

Recife
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

SANTOS, Thamyres Oliveira Dos .

Isolamento e identificação de leveduras com potencial patogênico oriundas
de fezes de pombos do Nordeste do Brasil / Thamyres Oliveira Dos SANTOS. -
Recife, 2026.

46p. : il., tab.

Orientador(a): Guilherme Maranhão Chaves

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2026.
Inclui referências.

1. Leveduras ambientais. 2. Excretas de pombos. 3. Caracterização
fenotípica. 4. Virulência. 5. Saúde pública.. I. Chaves, Guilherme Maranhão.
(Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

THAMYRES OLIVEIRA DOS SANTOS

**ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS COM POTENCIAL
PATOGENICO ORIUNDAS DE FEZES DE POMBOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciências Biológicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Aprovado em: 09/06/2026

Nota: 10,0

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Maranhão Chaves (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dra. Oliane Maria Correia Magalhães
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dra. Ana Beatriz Sotero Siqueira
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha família — meu pai, minha mãe e minha irmã —, que é meu porto seguro e alicerce de todos os meus sonhos. E a Luan Wilson, que partiu cedo demais, mas que permanece vivo em cada linha deste trabalho e em cada passo da minha jornada. Esta vitória também é sua.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido a sabedoria e a persistência necessárias para continuar durante a jornada da graduação e pela realização deste trabalho.

Aos meus pais, que sempre foram meu porto seguro e a base de tudo que sou. Obrigada por sempre acreditarem em mim, mesmo quando eu duvidava; por me dar força nos momentos de exaustão e celebrar cada vitória ao meu lado; pelo amor incondicional e por todos os sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui. Todo o meu esforço é dedicado a honrar a confiança que vocês sempre depositaram em mim.

À minha irmã, que me ensinou que a educação é o caminho. Sua torcida foi o combustível que muitas vezes me faltou. Mesmo estando distante fisicamente, fez-se presente nos dias que eu precisava desabafar. Obrigada por cada ligação e mensagem de amor e incentivo.

A **Luan Wilson** (*in memoriam*), pelo amor que transbordou em minha vida e pela saudade que hoje se transforma em força. Agradeço por ter acreditado no meu potencial desde o primeiro dia e por ter sido o meu maior entusiasta. Sua partida deixou um vazio imenso, mas sua crença em mim é a razão pela qual hoje celebro esta vitória. Este trabalho carrega um pouco da sua luz e da força que você sempre me deu. Agradeço pelo tempo que estivemos juntos e por continuar sendo minha inspiração, mesmo do outro lado do caminho.

À minha amiga Melissa Eduarda, pela parceria de todos os dias, pelas horas de estudo compartilhadas e pelos cafés que nos mantiveram firmes. Obrigada por dividir comigo não apenas o conhecimento, mas também as angústias e as alegrias desta caminhada acadêmica na UFPE. Nossa amizade é uma das maiores conquistas que levo deste curso.

Agradeço às minhas colegas de laboratório Adrielle Lima, Ana Beatriz Vieira, Daniele Félix, Maria Vitória Martins e Mikaelly Santiago, cuja amizade, colaboração e carinho iluminaram os momentos desta jornada. Cada risada, cada conversa e cada ajuda tornaram esta experiência mais leve, prazerosa e inesquecível.

Ao Prof. Dr. Guilherme Maranhão Chaves, pela excelência na condução deste trabalho, pela orientação, pelo incentivo e pela confiança depositada em mim.

Também ao Prof. Dr. Reginaldo Gonçalves de Lima Neto, pela concessão do uso do equipamento laboratorial, fundamental para a execução de parte deste estudo.

Este diploma é, acima de tudo, o reflexo da dedicação e dos valores que recebi de vocês.

"Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça"

(Isaías 41:10)

RESUMO

As leveduras ambientais exercem importante papel ecológico, porém mudanças climáticas e pressões seletivas têm favorecido sua adaptação à patogenia humana. Este estudo objetivou isolar, identificar e caracterizar fenotipicamente leveduras provenientes de excretas de pombos (*Columba livia*) em áreas urbanas de Recife-PE. As amostras foram coletadas em janeiro de 2026 e processadas em Ágar Sabouraud Dextrose com antibióticos. A identificação foi realizada por MALDI-TOF MS, associada a testes fenotípicos e bioquímicos. Foram obtidos 33 isolados. Em Ágar Sabouraud, as colônias apresentaram coloração branca (45,5%), creme (31,8%) e salmão (22,7%), com aspecto mucoide em 48,5% dos isolados. Observou-se positividade para cápsula e urease em 48,5% dos isolados ambientais, fermentação da glicose em 42,4% e produção de melanina em 27,3%. No CHROMagar Candida®, predominaram colônias lilás a roxo (48,5%), seguidas por rosada a creme (24,2%), escurecida (15,2%) e azul (12,1%). A partir desses testes e do MALDI-TOF MS, identificou-se *Naganishia liquefaciens* (24,3%), *Wickerhamomyces anomalus* (18,2%), *Rhodotorula mucilaginosa* (12,1%), *Candida tropicalis* (9,1%), *Kazachstania telluris* (9,1%) e *Pichia kudriavzevii* (3,0%), enquanto 24,2% permaneceram sem identificação. Os resultados demonstram a presença de leveduras potencialmente patogênicas e reforçam a importância da vigilância sanitária em ambientes urbanos.

Palavras-chave: Leveduras ambientais. Excretas de pombos. Caracterização fenotípica. Virulência. Saúde pública.

ABSTRACT

Environmental yeasts play an important ecological role; however, climate change and selective pressures have favored their adaptation to human pathogenicity. This study aimed to isolate, identify, and phenotypically characterize yeasts from pigeon (*Columba livia*) excreta in urban areas of Recife-PE. Samples were collected in January 2026 and processed on Sabouraud Dextrose Agar with antibiotics. Identification was performed by MALDI-TOF MS, associated with phenotypic and biochemical tests. A total of 33 isolates were obtained. On Sabouraud Agar, colonies exhibited white (45.5%), cream (31.8%), and salmon (22.7%) coloration, with a mucoid appearance in 48.5% of the isolates. Positivity for capsule and urease was observed in 48.5% of the strains, glucose fermentation in 42.4%, and melanin production in 27.3%. On CHROMagar Candida®, colonies predominantly ranged from lilac to purple (48.5%), followed by pink to cream (24.2%), darkened (15.2%), and blue (12.1%). Based on these tests and MALDI-TOF MS, *Naganishia liquefaciens* (24.3%), *Wickerhamomyces anomalus* (18.2%), *Rhodotorula mucilaginosa* (12.1%), *Candida tropicalis* (9.1%), *Kazachstania telluris* (9.1%), and *Pichia kudriavzevii* (3.0%) were identified, while 24.2% remained unidentified. The results demonstrate the presence of potentially pathogenic yeasts and reinforce the importance of health surveillance in urban environments.

Keywords: Environmental yeasts. Pigeon excreta. Phenotypic characterization. Virulence. Public health.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO EM JOURNAL OF FUNGI	14
3.1 INTRODUÇÃO	14
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.2.1 Isolamento Primário de Leveduras	18
3.2.2 Isolamento Presuntivo em CHROMagar Candida®	18
3.2.3 Observação Macromorfológica das Colônias	19
3.2.3.1 Observação Micromorfológica de Blastoconídios Encapsulados	18
3.2.4 Avaliação da Fermentação da Glicose	19
3.2.5 Determinação da Atividade de Urease	20
3.2.6 Produção de Melanina	20
3.2.7 Identificação por Espectrometria de Massas (MALDI-TOF MS)	21
3.2.7.1 Preparo das Amostras e Extração Proteica	21
3.2.7.2 Aquisição de Dados e Análise de Resultados	21
3.2.8 Criopreservação das Linhagens	22
3.3 RESULTADOS	22
3.3.1 Triagem da identificação fenotípica dos isolados	24
3.3.2 Identificação por análise proteômica (MALDI-TOF)	28
3.4 DISCUSSÃO	29
3.5 CONCLUSÃO	35
3.6 REFERÊNCIAS	36
4 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

As leveduras são fungos predominantemente unicelulares que habitam diversos nichos ecológicos, onde atuam na decomposição de matéria orgânica e como mediadores de ciclos biogeoquímicos (Kurtzman et al., 2011; Botha, 2011). Contudo, pressões ambientais e mudanças climáticas têm impulsionado a transição desses microrganismos do estado sapróbio para a patogenia humana (Sedik et al., 2025), especialmente em cenários de imunossupressão crescente (Li et al., 2025).

Para sobreviverem aos estresses da natureza (Rosa; Gábor, 2013), esses fungos selecionam atributos adaptativos, incluindo a cápsula polissacarídica, a produção de melanina e a secreção de enzimas, como as fosfolipases, proteinases e hemolisinas, que são considerados importantes fatores de virulência no hospedeiro humano, facilitando a colonização, a evasão do sistema imune e a infecção (Casadevall, 2012a; Medeiros et al., 2012a; Silva et al., 2021b).

Nos centros urbanos, a proliferação desordenada de pombos domésticos (*Columba livia*) agrava esse cenário de risco à saúde pública (Silva et al., 2007a; Almeida; Souza, 2020). O acúmulo de suas excretas cria um substrato propício para a colonização de microrganismos potencialmente patogênicos, visto que a presença de nitrogênio e creatinina nesses dejetos tornam o ambiente seletivo e ácido, favorecendo o desenvolvimento fúngico (El Karkouri et al., 2025a; Seyoum et al., 2025). Com a dessecação dessas fezes, propágulos fúngicos infectantes tornam-se suspensos no ar, configurando a inalação de bioaerossóis como uma das principais vias de infecção ambiental para micoses sistêmicas oportunistas (Soares et al., 2018b).

Historicamente, esse nicho ecológico está fortemente associado ao gênero *Cryptococcus*, sendo a criptococose uma das principais micoses de relevância epidemiológica global (Carvalho; Carvalho; França, 2024a). Destacam-se as espécies *Cryptococcus neoformans*, tradicionalmente associada a pacientes imunocomprometidos (Vilchez; Fung; Kusne, 2002), e *Cryptococcus gattii*, capaz de infectar indivíduos imunocompetentes e associado a ambientes tropicais e detritos vegetais (Chakrabarti et al., 1997a; Silva et al., 2025a).

No entanto, investigações recentes alertam para a presença de outras leveduras emergentes nessas excretas. Espécies do gênero *Candida*, comumente associadas a infecções nosocomiais graves e à ameaça global de resistência e do

gênero *Rhodotorula*, agente oportunista de fungemias associadas a cateteres venosos, têm sido frequentemente isoladas em ambientes urbanos (Pinto et al., 2019; Lass-Flörl et al., 2024; Rhodes; Fisher, 2024b; Díaz et al., 2025; Pimentel et al., 2026b). Muitas dessas linhagens ambientais expressam fatores de virulência e perfis de resistência equivalentes aos de isolados clínicos, funcionando como reservatório contínuo para a disseminação de infecções (Casadevall et al., 2024a).

Diante desse panorama epidemiológico, o estudo da microbiota fúngica em vetores urbanos é fundamental para monitorar os riscos sanitários locais. Nesse contexto, a presente investigação objetivou isolar e identificar leveduras oriundas de fezes de pombos na cidade de Recife-PE, visando mapear a biodiversidade desses patógenos e compreender sua correlação com a emergência de infecções na população.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o isolamento, a identificação e avaliar a distribuição das espécies de leveduras isoladas a partir de amostras ambientais de excretas de pombos em áreas urbanas de Recife-PE, visando compreender sua diversidade e potencial patogênico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Isolar leveduras a partir de amostras de excretas de pombos coletadas em áreas de convívio urbano;
- Realizar uma triagem fenotípica de gênero através da metodologia clássica, incluindo a observação de características macro e micromorfológica das colônias, fermentação de glicose (zimograma), produção de cápsula, atividade das enzimas urease e fenoloxidase (síntese de melanina);
- Identificar as espécies fúngicas, utilizando a tecnologia de espectrometria de massas MALDI-TOF MS;
- Avaliar a prevalência das espécies de leveduras com potencial patogênico a seres humanos.

3 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO EM JOURNAL OF FUNGI

3.1 INTRODUÇÃO

As leveduras caracterizam-se por serem um grupo de fungos predominantemente unicelulares que, embora possuam aplicação amplamente consolidada no setor industrial, exibem uma vasta diversidade em nichos naturais, habitando solos, corpos d'água, e, inclusive, associando-se a insetos (Kurtzman *et al.*, 2011). Nestes ecossistemas, desempenham funções ecológicas cruciais como agentes decompositores de matéria orgânica e mediadores de ciclos biogeoquímicos (Botha, 2011). Consequentemente, a sobrevivência em tais ambientes dinâmicos exige o desenvolvimento de adaptações a estresses abióticos, tais como variações térmicas, oscilações de pH e exposição a metais pesados (Rosa; Gábor, 2013).

O estudo de microrganismos de origem ambiental é de extrema importância, principalmente visto que as alterações climáticas atuais contribuem para a transição de fungos sapróbios para a patogenia humana (Sedik *et al.*, 2025), especialmente em cenários de imunossupressão crescente (Li *et al.*, 2025). Essa transição configura-se como um dos maiores desafios da medicina atual, exemplificado pelas infecções fúngicas oportunistas. Ao desenvolverem mecanismos de adaptação para sobreviverem às pressões da natureza, os fungos acabam selecionando atributos que podem atuar como fatores de virulência. Tais características facilitam a colonização, a evasão do sistema imune e a sobrevivência do patógeno no hospedeiro humano, em um processo de adaptação biológica (Casadevall, 2012b).

Dentre os diversos nichos urbanos que favorecem a seleção desses microrganismos, a proliferação exacerbada de pombos domésticos (*Columba livia*) destaca-se como um fator crítico. Esse fenômeno é impulsionado pela urbanização desordenada e pela ampla disponibilidade de abrigo e recursos alimentares, consolidando tais aves como uma das espécies sinantrópicas de maior adaptabilidade ao ecossistema citadino (Nunes, 2012). Todavia, essa estreita convivência impõe riscos potencialmente graves à saúde pública, visto que o acúmulo de suas excretas em monumentos, edificações e logradouros serve como substrato propício à colonização de microrganismos potencialmente patogênicos (Silva *et al.*, 2007b; Almeida; Souza, 2020).

A presença de nitrogênio e creatinina nas fezes destas aves torna o ambiente seletivo e ácido, favorecendo o desenvolvimento de *Cryptococcus* spp. em detrimento de outros fungos (El Karkouri *et al.*, 2025b; Seyoum *et al.*, 2025). A dessecação desses dejetos favorece a dispersão aérea de propágulos fúngicos infectantes, caracterizando as fezes de aves como uma das principais vias de infecção ambiental para a criptococose e outras micoses sistêmicas oportunistas (Soares *et al.*, 2018a; Brasil, 2021). A microbiota fúngica presente em pombos pode apresentar caráter patogênico tanto para seres humanos quanto para outros animais, representando um desafio relevante para a saúde pública. Nesse cenário, desde os estudos pioneiros realizados no Brasil em 1941, as investigações de campo têm destacado o papel das aves como dispersoras de leveduras do gênero *Cryptococcus* e seu potencial de transmissão zoonótica.

A relevância epidemiológica deste patógeno fundamenta-se no fato da criptococose ser classificada como a quarta infecção oportunista mais frequente em pacientes com a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS-SIDA) (Leal, 2006) e a terceira micose de maior prevalência em pacientes transplantados (Vilchez; Fung; Kusne, 2002). No centro desta problemática, destacam-se as espécies do complexo *Cryptococcus neoformans/Cryptococcus gattii*, leveduras patogênicas de importância clínica. *C. neoformans* é tradicionalmente associada a pacientes imunocomprometidos, especialmente aqueles com HIV/AIDS. Já *Cryptococcus gattii* apresenta comportamento epidemiológico distinto, sendo capaz de infectar indivíduos imunocompetentes, além de estar frequentemente associado a ambientes tropicais e subtropicais, incluindo o oco de árvores, principalmente o com a espécie *Eucalyptus camaldulensis* (Chakrabarti *et al.*, 1997b).

A criptococose destaca-se no cenário contemporâneo como uma das principais micoses sistêmicas de relevância epidemiológica global, caracterizando-se por seu comportamento oportunista e elevados índices de morbimortalidade (Carvalho; Carvalho; França, 2024b). Provocada por leveduras encapsuladas do gênero *Cryptococcus*, com especial protagonismo das espécies *Cryptococcus neoformans* e *Cryptococcus gattii*, a infecção humana ocorre primariamente por via inalatória, através da dispersão ambiental de propágulos fúngicos presentes em excretas de aves e detritos vegetais (Silva *et al.*, 2025b). Embora o manejo diagnóstico tenha avançado no Sistema Único de Saúde (SUS) por meio da incorporação de metodologias rápidas, como o teste de fluxo lateral para detecção do antígeno

criptocócico (Brasil, 2024), a manifestação de formas graves e disseminadas — sobretudo a meningite criptocócica — continua a impor severos desafios aos serviços de saúde pública, demandando estratégias urgentes de vigilância e detecção precoce em pacientes imunossuprimidos e imunocompetentes (Brienze *et al.*, 2025).

A estrutura celular de *Cryptococcus* spp. é caracterizada por uma cápsula polissacarídica proeminente – elemento essencial para sua patogenicidade, por proteger o patógeno contra a fagocitose e modular a resposta imune do hospedeiro (Mezzari; Rodrigues; Reolon, 2004). Além da cápsula, o sucesso adaptativo e a virulência desse gênero dependem de outros fatores primordiais, como a capacidade de síntese de melanina e a secreção de enzimas extracelulares. A produção de melanina confere proteção celular contra o estresse oxidativo e a ação de antifúngicos, enquanto a liberação de fosfolipases atua diretamente na degradação das membranas fosfolipídicas do hospedeiro, facilitando a invasão tecidual e a persistência da infecção (Medeiros *et al.*, 2012b; Silva *et al.*, 2021a). Adicionalmente, essa levedura demonstra alta resistência ambiental, permanecendo viável em excretas por períodos prolongados, funcionando como reservatório contínuo para a disseminação da infecção (Nunes, 2013).

Entretanto, outras leveduras, principalmente do gênero *Candida*, classicamente reconhecidas como patógenos humanos, vêm sendo isoladas de fezes de pombos. No estudo conduzido por Pinto *et al.* (2019), em Natal-RN, Brasil, amostras fecais de pombos foram coletadas de áreas públicas nos arredores de um hospital universitário. A análise microbiológica dessas amostras permitiu o isolamento de 60 leveduras do gênero *Candida*, abrangendo as espécies *C. parapsilosis*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. glabrata* e *C. rugosa*. O isolamento de *C. tropicalis* no presente estudo corrobora a preocupação discutida pelos autores supracitados, visto que se trata de uma espécie oportunista comumente associada a infecções nosocomiais graves. A persistência dessas leveduras no ecossistema urbano, carregadas por vetores aviários, evidencia um elo crítico na cadeia de transmissão ambiental de patógenos.

Embora fatores de virulência sejam classicamente descritos e amplamente investigados em isolados de *Cryptococcus* spp., investigações recentes alertam para o fato de que outras leveduras oportunistas presentes no mesmo nicho ecológico compartilham de mecanismos patogênicos semelhantes. Nesse cenário, o estudo conduzido por Pinto *et al.* (2019), em Natal-RN, demonstrou que isolados do gênero *Candida* obtidos de fezes de pombos expressam fatores de virulência de maneira

equivalente a isolados clínicos humanos, evidenciando o potencial dessas aves urbanas em disseminar múltiplos patógenos fúngicos potencialmente resistentes.

Apesar do fato de leveduras do gênero *Candida* comporem a microbiota normal humana (Lass Flörl *et al.*, 2024a) como também estarem amplamente distribuídas no ambiente, estas podem estar relacionadas a patologias em situações de desequilíbrio imunológico ou alterações da microbiota. Quando se tornam patogênicas, podem provocar infecções superficiais ou sistêmicas potencialmente graves (Pappas *et al.*, 2024). O gênero é considerado uma das principais causas de micoses invasivas em ambientes hospitalares no mundo, apresentando crescente resistência aos antifúngicos empregados na prática clínica, de acordo com Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2025), o que dificulta o tratamento e aumenta as taxas de mortalidade (Rhodes; Fisher, 2024a; Lass Flörl *et al.*, 2024b).

Entre as leveduras ambientais emergentes, destaca-se o gênero *Rhodotorula*, especialmente a espécie *Rhodotorula mucilaginosa*. Este microrganismo tem sido frequentemente isolado em amostras ambientais urbanas, com especial destaque para a sua presença em fezes de pombos (*Columba livia*), que atuam como importantes reservatórios e vetores de dispersão do fungo no meio ambiente (Menezes *et al.*, 2014; Al-Yasiri *et al.*, 2020). Apesar de ser considerada anteriormente como um mero contaminante ambiental, de acordo com Wirth e Goldani (2012), passou a ser documentada na literatura médica como patógeno a partir de 1985.

Sendo assim *Rhodotorula* spp. vêm sendo reconhecidas como um agente oportunista associado a fungemias, meningites e endocardites, principalmente em pacientes neutropênicos ou com doenças hematológicas (Díaz *et al.*, 2025). Além disso, destaca-se sua relação com infecções por cateteres venosos centrais (Wykrętownicz *et al.*, 2025), sendo este o principal fator para a entrada fúngica na corrente sanguínea (Pimentel *et al.*, 2026a).

Diante desse cenário, a presente investigação objetivou isolar e identificar leveduras oriundas de fezes de pombos diretamente de áreas urbanas da cidade de Recife-PE. Essa abordagem revela-se estratégica para compreender a distribuição desses microrganismos e os riscos potenciais à saúde pública. O isolamento e a caracterização fenotípica de linhagens ambientais permitem não apenas mapear a biodiversidade local, mas também identificar perfis de resistência e virulência que podem ser clinicamente relevantes. Assim, o estudo de leveduras em seus nichos

ecológicos originais constitui um elo essencial para correlacionar a ecologia fúngica com a emergência de infecções oportunistas em seres humanos.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Isolamento Primário de Leveduras

As coletas para o isolamento ambiental de leveduras foram realizadas no dia 12 de janeiro de 2026, na região central da cidade do Recife-PE. Para tanto, foram utilizados tubos cônicos (Falcon) de 50 mL de capacidade e espátulas estéreis para a raspagem dos excrementos ressecados presentes nos locais escolhidos (prédios abandonados, igrejas, etc.). Para o processamento das amostras, as fezes de pombos foram suspendidas em solução salina (0,9%), agitadas em vórtex (modelo K45-2820 Basic, Kasvi, Brasil) por 5 minutos e deixadas por uma hora em repouso. Posteriormente, foram realizadas diluições seriadas de base 10 (10^{-1} a 10^{-3}) das fezes, sendo que 100 μ L das suspensões foram semeados por distensão na superfície de Ágar Sabouraud Dextrose (ASD), adicionados de cloranfenicol (50 mg/L) e Rosa de Bengala (25 mg/L) por um período de 72 horas de incubação, à temperatura ambiente (T. A.; $28 \pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente, realizou-se a purificação dos isolados, através de repiques para tubos de ensaio contendo ASD, sendo os mesmos incubados à T. A. por mais 72 horas (Lazéra *et al.*, 1996; King *et al.*, 1979).

3.2.2 Identificação Presuntiva em CHROMagar Candida®

Os isolados purificados em ASD foram semeados diretamente na superfície do meio CHROMagar™ Candida, utilizando a técnica de esgotamento por estrias múltiplas, com o objetivo de obter colônias isoladas e verificação da pureza. Sendo assim, os isolados foram semeados na superfície deste meio e, posteriormente, às placas de Petri incubadas em condições aeróbias, a uma temperatura de $35\text{--}37^\circ\text{C}$ por 48 a 72 horas. Após o tempo de incubação, espécies como *Candida albicans* deveriam apresentar colônias de coloração verde; *C. tropicalis*, coloração azul a azul-metálica; *C. krusei*, colônias rosadas e rugosas e *C. glabrata*, que pode apresentar colônias lilás a roxas. As demais espécies de *Candida* apresentavam tons variados de rosa (Siqueira & Pires, 2018).

3.2.3 Observação Macromorfológica das Colônias

Características macromorfológicas das leveduras, incluindo cores, aspecto, textura, tamanho e tempo de crescimento em ASD adicionado de cloranfenicol foram observadas após o crescimento dos isolados ambientais purificados, após crescimento por 48 a 72 h à T. A. (Silva-Rocha et al. 2017).

3.2.3.1 Observação Micromorfológica de Blastoconídios Encapsulados

Para a visualização da presença de cápsula polissacarídica a partir dos isolados crescidos por 72 h em ASD, uma pequena porção de uma unidade formadora de colônia (u. f. c.) foi retirada com o auxílio de uma alça em anel e transferida para uma gota de tinta da China (Nanquim), entre lâmina e lamínula para observação por microscopia óptica sob 400 x de magnificação (Zeiss Axiostar plus).

3.2.4 Avaliação da Fermentação da Glicose

As células das leveduras, obtidas de cultivos ativos de 24 horas em ASD, foram suspensas em solução salina estéril (NaCl 0,85%) até atingirem turbidez correspondente ao padrão 0,5 da escala de McFarland (10^6 UFC/mL). A inoculação consistiu na transferência asséptica de 200 μ L desta suspensão para tubos de ensaio contendo 5 mL de meio para fermentação (Peptona 10 g, Extrato de levedura 3 g, Glicose 20 g e água destilada 1000 mL), contendo em seu interior um tubo de Durham invertido (6 x 30 mm).

Os ensaios foram conduzidos em estufa microbiológica a 30 °C, com leituras realizadas em intervalos de 24 horas, por um período de até sete dias (Barnett; Payne; Yarrow, 2000). A interpretação da atividade fermentativa deu-se estritamente pela presença visível de gás (CO₂) retido no interior do tubo de Durham, enquanto o crescimento fúngico foi evidenciado pelo aumento da turbidez do meio.

3.2.5 Determinação da Atividade de Urease

A detecção da atividade enzimática da urease foi realizada segundo a metodologia proposta por Christensen (1946), com as adaptações para leveduras preconizadas por Kurtzman *et al.* (2011). Os isolados foram semeados por esgotamento em tubos contendo o meio Ágar Ureia de Christensen (Peptona 0,10 g; NaCl 0,50 g; KH_2PO_4 0,20 g; Glicose 0,10 g; Vermelho de fenol 0,0012 g; Ágar 1,5 g; Ureia 2,0 g para 100mL de água destilada) e, posteriormente, incubados em estufa microbiológica a 30 °C, com monitoramento diário, por um período de até sete dias. A interpretação dos resultados fundamentou-se pela alcalinização da cor do meio de cultura a partir da hidrólise da ureia, resultando na alteração da coloração original (amarelo-alaranjado) para o rosa-fúcsia, o que caracteriza uma reação positiva. Os isolados que não apresentaram alteração cromática após o período total de incubação foram registrados como negativos para a produção da enzima.

3.2.6 Produção de Melanina

Para a identificação presuntiva de *Cryptococcus* spp. baseadas na produção da enzima fenoloxidase, utilizou-se o meio Ágar Níger preparado, conforme a metodologia proposta originalmente por Staib (1962) para a identificação presuntiva. O extrato de semente de Níger foi obtido a partir de 10 g de sementes de Níger (*Guizotia abyssinica*) trituradas em liquidificador e suspensas em 200 mL de água destilada. Após fervura e filtragem em coador comum, adicionaram-se ao extrato 2 g de dextrose, 3 g de ágar bacteriológico e 0,01 g de cloranfenicol. A mistura foi devidamente homogeneizada, esterilizada em autoclave a 121 °C e vertida em placas de Petri estéreis, permanecendo sob refrigeração até a realização dos experimentos.

Para avaliar a produção de melanina nos diferentes isolados, as células foram cultivadas em ASD por 72 h, a 30 °C. Em seguida, uma única colônia foi semeada três vezes (estrias paralelas) na superfície do meio ASN. As placas foram incubadas a 30 °C por 10 dias, para visualização da produção de melanina. Pontuações de 0 a 4 foram atribuídas da seguinte forma: 0 (zero), sem pigmento; 1, pigmento castanho claro; 2, castanho; 3, castanho escuro; e 4, para colônias quase pretas (Pedroso; Ferreira; Lavrador; Maffei *et al.*, 2009).

3.2.7 Identificação por Espectrometria de Massas (MALDI-TOF MS)

Para a identificação taxonômica das leveduras isoladas, utilizou-se a técnica de espectrometria de massas por ionização e dessorção a laser assistida por matriz acoplada ao analisador de tempo de voo (*Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization – Time of Flight Mass Spectrometry – MALDI-TOF MS*). Essa metodologia tem se destacado na rotina laboratorial devido à sua alta precisão e rapidez na caracterização de espécimes fúngicos de interesse médico (Badeei *et al.*, 2021).

3.2.7.1 Preparo das Amostras e Extração Proteica

As linhagens, previamente purificadas e cultivadas em ágar Sabouraud Dextrose por 24 a 48 horas a 30 °C, foram transferidas com o auxílio de um palito para uma placa de alvo metálica (*target plate*). Sobre cada amostra, foi depositado 1 µL de ácido fórmico a 70% para a lise celular e extração das proteínas ribossomais. Após a secagem completa em temperatura ambiente, as amostras foram recobertas com 1 µL de matriz HCCA (ácido α -ciano-4-hidroxicinâmico).

3.2.7.2 Aquisição de Dados e Análise de Resultados

A leitura foi executada no equipamento Microflex LT, onde os espectros de massa obtidos foram comparados com o banco de dados de referência MBT Compass Library. A confiabilidade da identificação foi determinada pelos valores de *log(score)* gerados pelo *software*:

- a) *Score* $\geq 2,000$: Identificação segura ao nível de espécie;
- b) *Score* entre 1,700 e 1,999: Identificação segura ao nível de gênero e provável ao nível de espécie;
- c) *Score* $< 1,700$: Identificação não confiável.

3.2.8 Criopreservação das Linhagens

Para assegurar a viabilidade celular e a preservação das características fenotípicas e genéticas das leveduras a longo prazo, empregou-se a técnica de criopreservação em ultra-freezer a -80 °C, utilizando glicerol como agente crioprotetor. O meio crioprotetor, denominado Caldo de Suspensão de Levedura (Yeast Suspension Broth -YSB), foi preparado utilizando caldo YPD (Yeast Extract Peptone Dextrose) suplementado com glicerol em concentração final de 20% (v/v), conforme metodologia adaptada de Kurtzman *et al.* (2011).

Para o preparo do inóculo, os isolados foram previamente cultivados em caldo YPD por 24 horas sob agitação orbital em incubadora refrigerada com agitação (*shaker* modelo TE-421, Tecnal, Brasil). Após o crescimento, as suspensões celulares foram transferidas para criotubos de polipropileno (2,0 mL) contendo o meio YSB. A densidade celular foi ajustada visualmente com base na escala de McFarland, utilizando-se o padrão 3, correspondente a uma concentração estimada entre 10^7 e 10^8 células/mL, visando garantir adequada recuperação celular após o descongelamento (Silva; Gadanho; Sampaio, 2004).

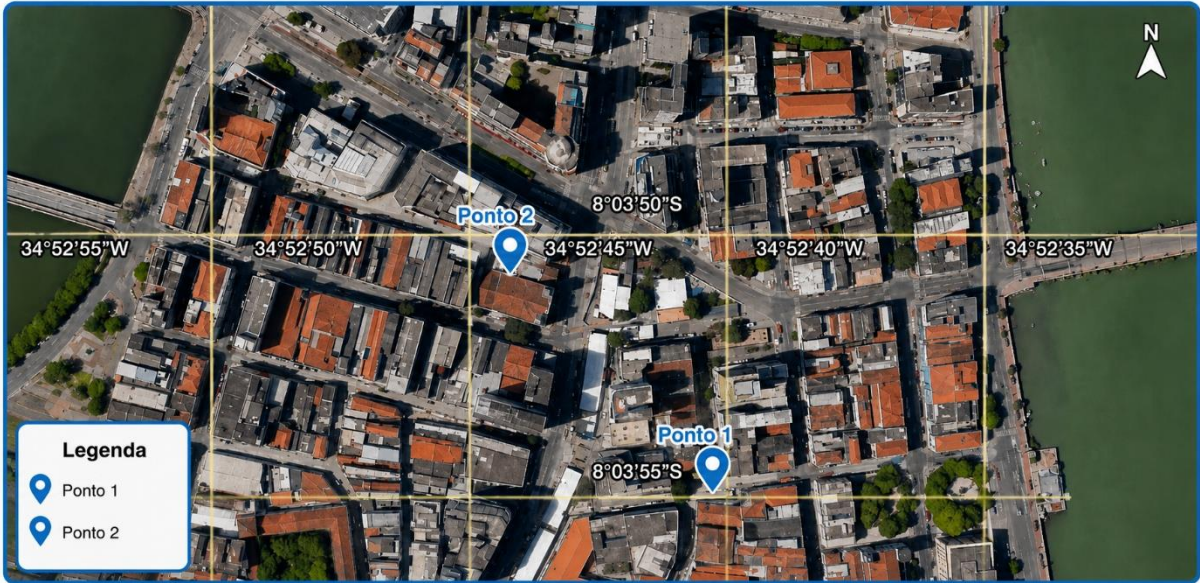
O protocolo de congelamento foi executado de forma escalonada para mitigar danos osmóticos e térmicos. Inicialmente, as suspensões foram submetidas à agitação em vórtex (modelo K45-2820 Basic, Kasvi, Brasil) por 10 segundos e mantidas em repouso à temperatura ambiente (25 °C) por um período de 15 a 30 minutos para o equilíbrio osmótico e permeação do glicerol. Por fim, os tubos foram transferidos para o freezer a -20 °C para armazenamento definitivo.

3.3 RESULTADOS

A área da coleta realizada para o presente estudo pode ser observada na Figura 1. A análise microbiológica das amostras de excretas de pombos (*Columba livia*), coletadas no bairro de São José, Recife - PE, revelou a presença de leveduras de interesse médico em ambos os pontos amostrados. São estes: o ponto 1 latitude 8° 03'55"S/ longitude 34°52'43"W e o ponto 2, com latitude 8° 03'49"S/ longitude 34°52'46"W, localizado a uma curta distância linear do primeiro ponto.

Os pontos apresentam uma acentuada proximidade geográfica no núcleo urbano do bairro, fator que desempenha um papel crucial na dispersão e manutenção desses microrganismos no ambiente.

Figura 1. Localização geográfica dos pontos de coletas na região central do Recife-PE



Fonte: elaborado pela autora (2026), a partir da plataforma Google Earth Pro.

Foram obtidos 33 isolados ambientais de leveduras a partir de amostras de fezes de pombos de áreas urbanas da cidade do Recife-PE (Tabela 1).

Vale ressaltar que as colônias de fungos filamentosos foram excluídas do presente estudo.

Tabela 1. Caracterização fenotípica e identificação por MALDI-TOF de isolados obtidos de fezes de pombos da região central de Recife-PE em janeiro de 2026.

Isolados	Aspecton no SAB/Chromagar <i>Candida</i> ® color	Urease	Fermentação	Presença cápsula	Produção de melanina	MALDI-TOF (Espécies)
LASUMM 1	Creme/ lilás a roxo	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 2	Mucoide/ escurecida	+	-	+	0	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>
LASUMM 3	Mucoide/ rosada a creme	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 4	Branco/ rosada a creme	-	-	-	0	*
LASUMM 5	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	0	*
LASUMM 6	Branco/ lilás a roxo	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 7	Branco/ rosada a creme	-	+	-	0	<i>Kazachstania telluris</i>
LASUMM 8	Branco/ rosada a creme	-	*	-	0	*
LASUMM 9	Creme/azul	-	+	-	0	<i>Candida tropicalis</i>
LASUMM 10	Branco/azul	-	+	-	0	<i>Candida tropicalis</i>
LASUMM 11	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 12	Mucoide/ escurecida	+	-	+	0	*
LASUMM 13	Mucoide/ escurecida	+	-	+	0	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>

LASUMM 14	Mucoide / lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 15	Creme/ lilás a roxo	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 16	Creme/ lilás a roxo	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 17	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 18	Branco/ rosada a creme	-	+	-	0	<i>Kazachstania telluris</i>
LASUMM 19	Creme/ rosada a creme	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 20	Mucoide/ escurecida	+	-	+	0	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>
LASUMM 21	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 22	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 23	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 24	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	*
LASUMM 25	Creme/ azul	-	+	-	0	*
LASUMM 26	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	0	*
LASUMM 28	Branco/ rosada a creme	-	+	-	0	<i>Pichia kudriavzevii</i>
LASUMM 29	Mucoide/ lilás a roxo	+	-	+	1	<i>Naganishia liquefaciens</i>
LASUMM 30	Branco/ rosada a creme	-	+	-	0	<i>Kazachstania telluris</i>
LASUMM 31	Branco/ lilás a roxo	-	+	-	0	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
LASUMM 32	Branco/ azul	-	+	-	0	<i>Candida tropicalis</i>
LASUMM 33	Creme/ lilás a roxo	-	-	-	0	*
LASUMM 34	Mucoide/ escurecida	+	-	+	0	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>

(*) Asterisco: não realizado. SAB: Sabouraud Dextrose Agar. (0): sem pigmento (1): pigmento castanho claro.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

3.3.1 Triagem da identificação fenotípica dos isolados

Os isolados ambientais de leveduras, quando crescidos em CHROMagar Candida® (Fig. 2), apresentaram predominância de colônias com coloração lilás a roxo, correspondendo a 16 isolados (48,5%). Oito isolados apresentaram coloração rosada a creme (24,2%). Colônias de coloração escurecida corresponderam a 5 isolados (15,2%), enquanto a coloração azul foi observada em 4 isolados (12,1%).

Inicialmente, o isolado LASUMM 28, apresentou colônias de coloração mista (azul e lilás). Entretanto, após a purificação em uma nova placa de Petri separada contendo CHROMagar Candida®, verificou-se que se tratava de um único isolado com essa caracterização fenotípica.

Figura 2. Triagem presuntiva dos isolados ambientais de leveduras em meio cromogênico CHROMagar Candida® após 48-72 horas de incubação.

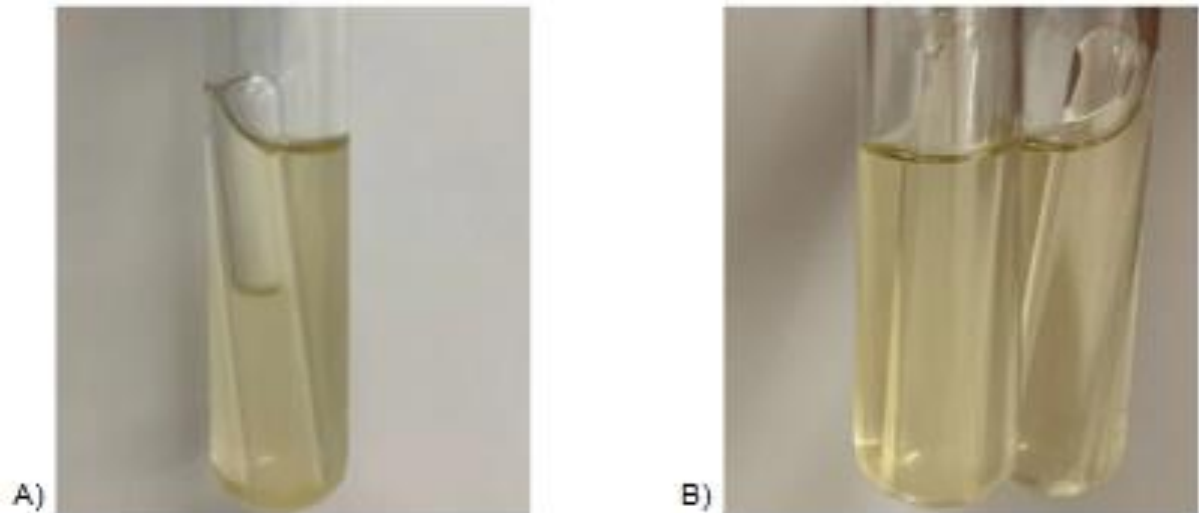


Nota-se a coloração azul característica de *C. tropicalis* nos setores L9 e L10, enquanto os demais isolados exibem variações entre lilás a roxo e tons escurecidos.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

Dentre os isolados analisados, 14 demonstraram capacidade de fermentar a glicose (Fig. 3). Na prova da urease, que avalia a degradação da ureia, observou-se resultado positivo em 16 isolados (Fig. 3). Esse mesmo quantitativo de isolados (16) apresentou formação de cápsula, conforme evidenciado por meio de microscopia óptica (Fig. 5).

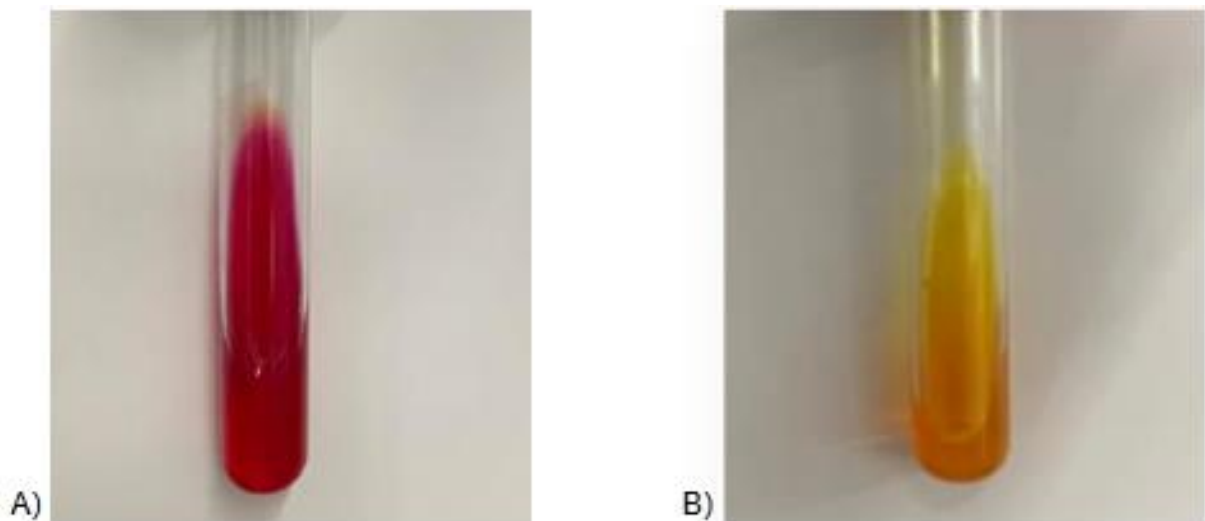
Figura 3. Ensaio de fermentação da glicose.



(A) Teste de fermentação positivo, evidenciado pela presença de bolha de gás (aerobiose/gás retido) no interior do tubo de Durham invertido; (B) Teste de fermentação negativo, demonstrado pela ausência de produção de gás no interior dos tubos de Durham.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

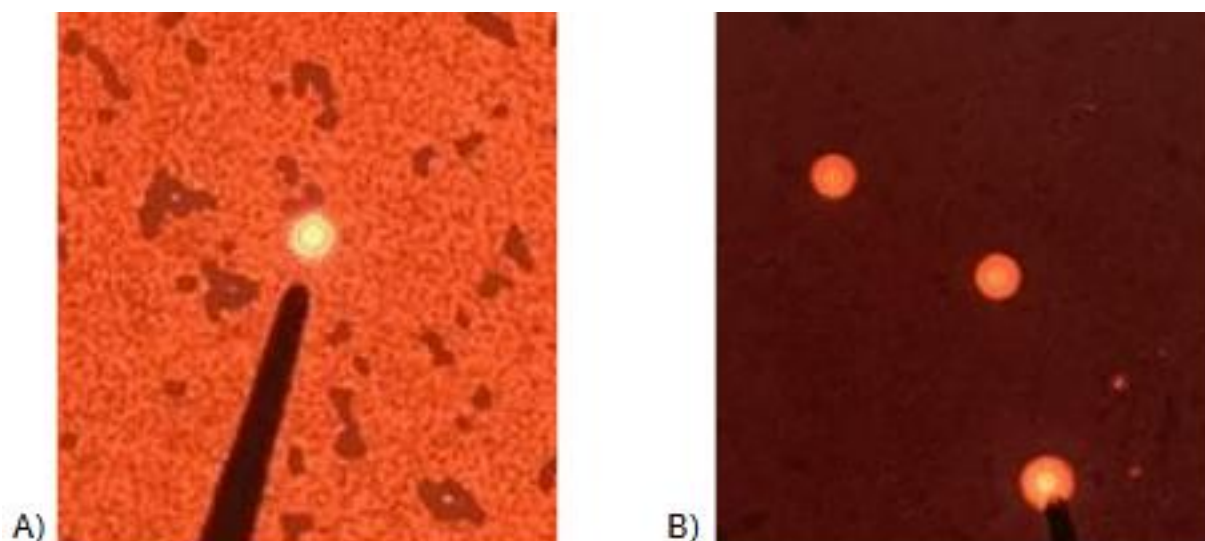
Figura 4. Perfil bioquímico para o teste da urease das leveduras isoladas.



(A) Teste de urease positivo, evidenciado pela alcalinização do meio de cultura para a coloração rosa-fúcsia, indicando a hidrólise da ureia; (B) Teste de urease negativo, demonstrado pela manutenção da coloração original (amarelada/alaranjada) do meio.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

Figura 5. Análise microscópica direta para a visualização de estruturas leveduriformes capsuladas.

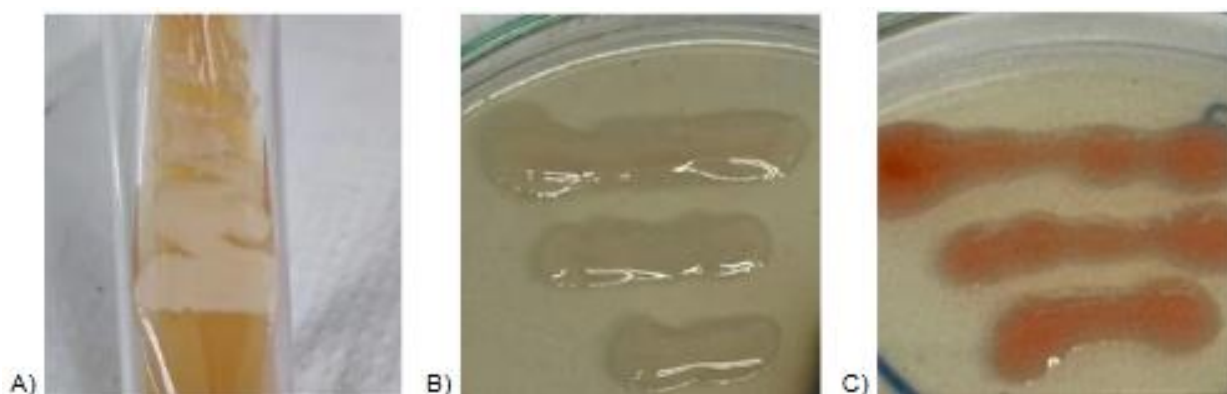


(A) Aspecto Micromorfológico de leveduras coradas com a Tinta da China (Nanquim), evidência microscópica de levedura capsulada (indicada pelo ponteiro), (B) distribuição de células leveduriformes apresentando halo capsular característico.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

A análise da macromorfologia no meio Ágar Sabouraud Dextrose (ASD) revelou variações de coloração e texturais entre os isolados. Inicialmente, observou-se que 7 isolados (31,8%) apresentaram colônias de coloração creme (Fig. 6a). As demais amostras dividiram-se entre 10 linhagens (45,5%) de coloração branca (Fig. 6b) e 5 linhagens (22,7%) com pigmentação salmon, sugestivas de *Rhodotorula* spp. (Fig. 6c). Destaca-se ainda que, dentre os isolados de coloração branca a salmon, 11 amostras exibiram uma textura predominantemente mucoide.

Figura 6 . Aspectos macromorfológicos de colônias de leveduras em meio de cultura.

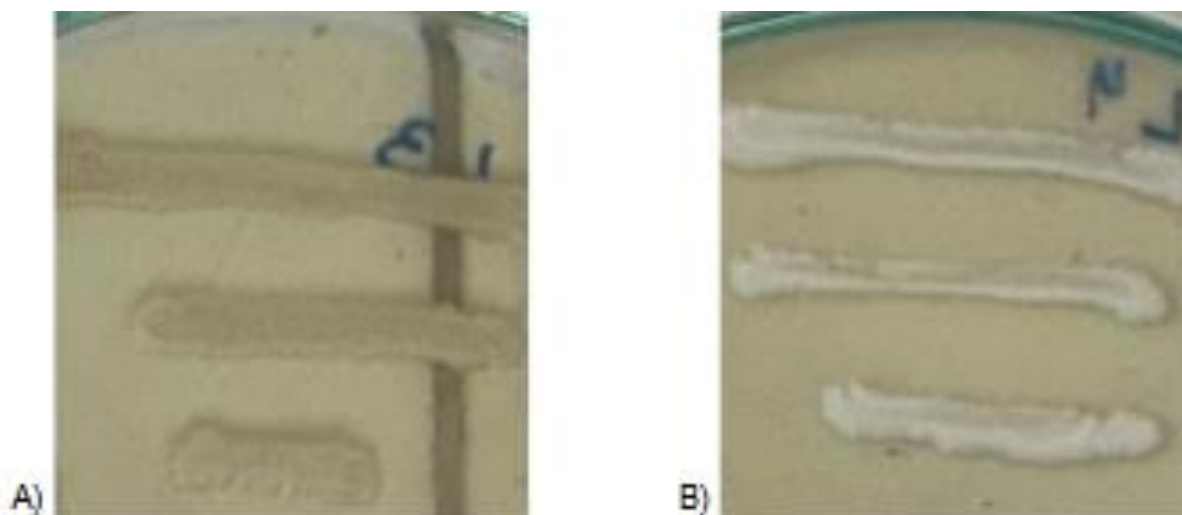


(A) Crescimento de coloração creme, fosco e de bordas irregulares de *Candida tropicalis*; (B) Crescimento com aspecto mucoide e brilhante de *Naganishia liquefaciens*; (C) Colônias com pigmentação característica salmão-rosada de *Rhodotorula mucilaginosa*.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

Em relação à produção de melanina no meio Ágar Níger (Fig. 7a), dos 33 isolados testados, os 9 isolados de *Naganishia liquefaciens*, (27%) foram classificados como produtores fracos, desenvolvendo a coloração castanho claro característica nas colônias (Score=1).

Figura 7 . Perfil fenotípico dos isolados microbianos em meio Ágar Níger após o período de incubação



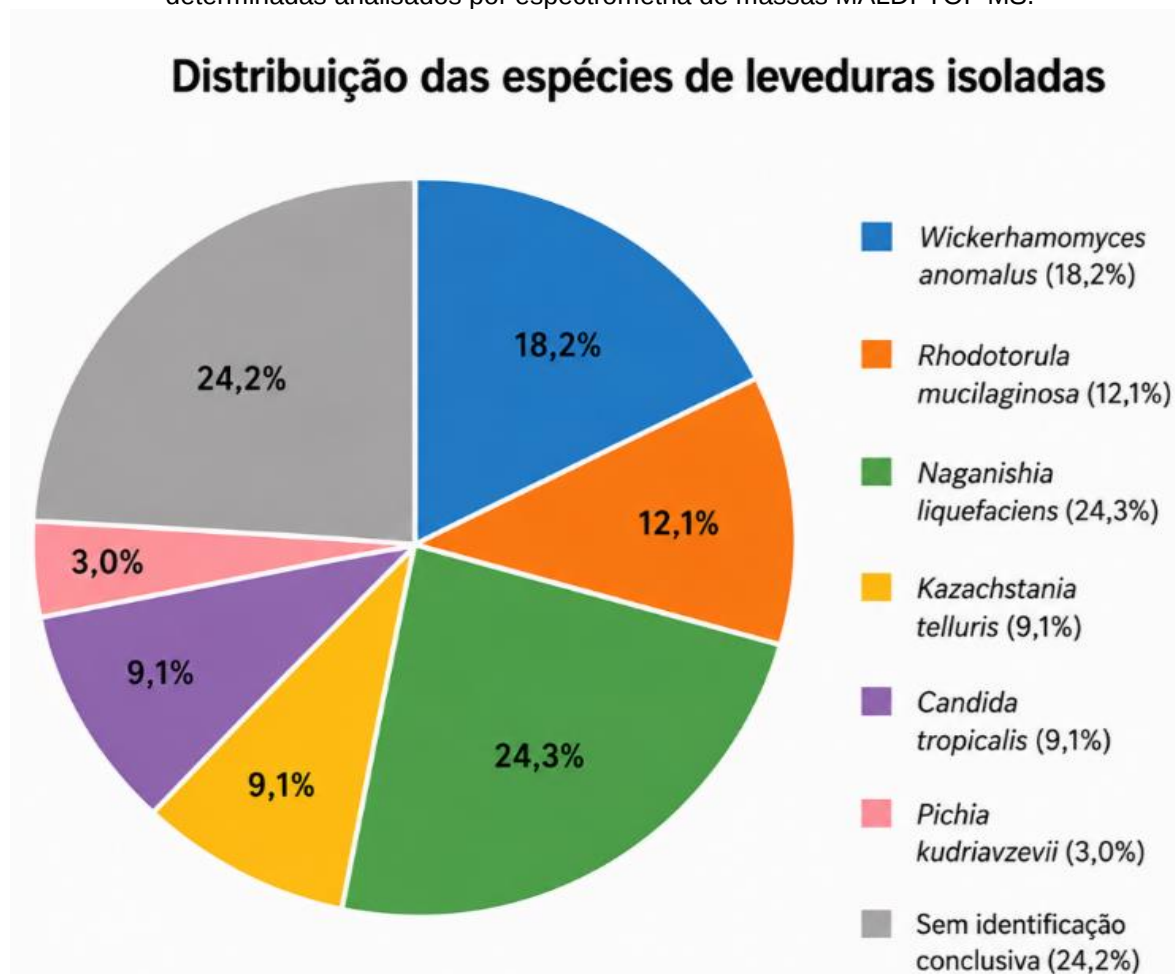
A) Isolado apresentando colônias com pigmentação castanho-clara, indicando resultado positivo para a produção de melanina via atividade da enzima fenoloxidase. B) Isolado exibindo colônias esbranquiçadas/claras, caracterizando ausência de pigmentação (resultado negativo).

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

3.3.2 Identificação por análise proteômica (MALDI-TOF)

A identificação final dos isolados por MALDI-TOF revelou que *Naganishia liquefaciens* apresentou maior prevalência, com 8 isolados (24,3%), seguida por *Wickerhamomyces anomalus*, com 6 isolados (18,2%). Quatro isolados foram identificados como *Rhodotorula* (12,1%), enquanto *Kazachstania telluris* e *Candida tropicalis* apresentaram 3 isolados cada (9,1%). Além disso, houve um único isolado identificado como *Pichia kudriavzevii* (3,0%). Entretanto, 8 isolados (24,2%) não puderam ser identificados por meio da metodologia empregada (Tabela 1; Fig. 8).

Figura 8. Distribuição percentual das espécies de leveduras identificadas nos 33 isolados ambientais oriundos de fezes de pombos, obtidos em áreas urbanas de praças públicas em janeiro de 2026, determinadas analisados por espectrometria de massas MALDI-TOF MS.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

3.4 DISCUSSÃO

A análise microbiológica das amostras de excretas de pombos (*Columba livia*) coletadas no bairro de São José, Recife - PE, revelou a presença de leveduras de interesse médico em ambos os pontos amostrados. Os pontos apresentam uma acentuada proximidade geográfica no núcleo urbano do bairro, fator que desempenha um papel crucial na dispersão e manutenção desses microrganismos no ambiente.

A similaridade entre os achados dos dois pontos pode ser amplamente explicada pela dinâmica urbana observada na área mapeada. Sendo locais vizinhos e densamente povoados por aves urbanas, ocorre um constante efeito de sobreposição de nichos. O vento, o tráfego de pedestres e a movimentação das próprias aves funcionam como vetores mecânicos na dispersão de basidiósporos e células de leveduras.

O meio de cultura CHROMagar Candida® foi empregado para a diferenciação e caracterização presuntiva das linhagens isoladas, por se tratar de um meio seletivo e diferencial amplamente utilizado para o isolamento de leveduras. Sua ação cromogênica ocorre por meio da interação entre substratos cromogênicos presentes no meio e enzimas hidrolíticas produzidas pelas leveduras, permitindo o desenvolvimento de colorações específicas que auxiliam na distinção entre gêneros e espécies. Esses resultados demonstram a diversidade fenotípica das leveduras isoladas, evidenciando a utilidade do CHROMagar Candida® como ferramenta auxiliar na caracterização presuntiva das linhagens (Pfaller *et al.*, 1996).

O isolamento de leveduras que apresentaram a prova da urease positiva e a presença de cápsula sugere inicialmente a ocorrência de espécies relacionadas ao complexo *Cryptococcus* spp., conforme a triagem fenotípica realizada (Kurtzman; Fell; Boekhout, 2011). A expressão de fatores de virulência, como a cápsula polissacarídica, constitui um importante mecanismo associado à patogenicidade dessas leveduras, promovendo proteção contra a fagocitose e favorecendo a sobrevivência no hospedeiro (Zaragoza, 2024).

Além disso, no início dos anos 2000, as espécies foram classificadas no gênero *Naganishia*, como *Naganishia liquefaciens* (= *Cryptococcus liquefaciens*) apresentam estreita relação filogenética com leveduras anteriormente incluídas no gênero *Cryptococcus*. Estudos taxonômicos baseados em análises moleculares das regiões ITS e dos domínios D1/D2 do rDNA 26S demonstraram o caráter polifilético do antigo gênero *Cryptococcus*, resultando na reorganização taxonômica do grupo dentro da ordem Tremellales (Liu *et al.*, 2015). Nesse contexto, diversas espécies ambientais foram reclassificadas para o gênero *Naganishia*, embora mantenham características fenotípicas compartilhadas com *Cryptococcus*, como atividade ureásica, produção de cápsula e adaptação a ambientes ricos em compostos nitrogenados (Fonseca *et al.*, 2009).

Essa proximidade taxonômica, fisiológica e fenotípica sugere que espécies de *Naganishia* podem apresentar potencial oportunista emergente. Evidências recentes demonstram a associação dessas leveduras com infecções oportunistas em hospedeiros imunossuprimidos, incluindo casos de pleurite fúngica em pacientes submetidos a transplante renal (Kim *et al.*, 2024). Além disso, fatores fenotípicos, como atividade ureásica e produção de cápsula polissacarídica, podem favorecer mecanismos de sobrevivência, persistência e adaptação ao hospedeiro.

Nesse sentido, os achados de Oliveira (2021) reforçam que a presença de *N. liquefaciens* em fezes de pombos não deve ser negligenciada. No presente trabalho, a detecção da espécie evidencia a importância epidemiológica dessas leveduras emergentes e reforça a necessidade de monitoramento microbiológica e identificação taxonômica adequada. Como documentado na literatura médica por Conde-Pereira et al. (2015), que descrevem um relato de caso de infecção do sistema nervoso central (meningite fúngica) por esse agente etiológico, entretanto com a sua nomenclatura antiga (*Cryptococcus liquefaciens*), relatando uma neurocriptococose grave.

Wickerhamomyces anomalus é uma levedura ascomiceta que pode apresentar dimorfismo fúngico a depender das condições ambientais, conhecida anteriormente como *Candida pelliculosa* (Walker, 2011). Suas células vegetativas, de formato ovalado ou elíptico, são visualizadas na morfologia microscópica por seu brotamento multilateral (Kurtzman et al., 2011). É um organismo de distribuição ampla, encontrado desde alimentos e grãos até o intestino de insetos, onde atua muitas vezes de forma simbiote (Ricci et al., 2011).

Entre as décadas de 1980 e 1990, *W. anomalus* é considerada um patógeno emergente, com um aumento expressivo de relatos de infecções em humanos devido, em grande parte, à sua capacidade de formar biofilmes (Junior et al., 2018). Na prática clínica, *W. anomalus* é frequentemente associada a infecções hospitalares em pacientes imunocomprometidos. Em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) neonatais, o fungo chega a ser responsável por até 3% a 5% de todos os casos de fungemias por leveduras não-*Candida albicans*, acometendo de forma grave recém-nascidos de baixo peso (menores que 1.500g), cuja taxa de mortalidade associada a esses surtos pode variar de 20% a 40%. Adicionalmente, em pacientes sob uso prolongado de cateteres venosos centrais, a literatura aponta que mais de 80% das infecções de corrente sanguínea por este agente estão diretamente ligadas à colonização e formação de biofilme no dispositivo, exigindo a sua remoção imediata para o sucesso terapêutico (Pasqualotto, 2009; Zeng et al., 2020).

Rhodotorula mucilaginosa (anteriormente denominada *R. rubra*) é uma levedura basidiomiceta, encapsulada e pigmentada (Lacaz et al., 2002). Sua coloração característica, que varia do rosa ao vermelho-alaranjado, decorre da produção de carotenoides (Fig.6c), como o toruleno e a torularodina (Moline et al., 2012). Embora compartilhe a presença da enzima urease com o gênero *Cryptococcus*, diferencia-se deste por ser incapaz de assimilar inositol (Colombo; Guimarães, 2003).

Anteriormente negligenciada na prática clínica, *R. mucilaginosa* é hoje a espécie do gênero mais isolada em humanos (90% das infecções), consolidando-se como um patógeno emergente (Tuon; Costa, 2008). Sua patogenicidade é particularmente relevante em pacientes imunocomprometidos, incluindo aqueles com neoplasias hematológicas ou HIV/AIDS, bem como usuários de dispositivos médicos invasivos (Wirth; Goldani, 2012).

Um de seus principais fatores de virulência é a notável afinidade por materiais sintéticos, resultando na formação de biofilmes em cateteres, o que facilita a invasão na corrente sanguínea (Nunes *et al.*, 2013). Além da fungemia, a disseminação do microrganismo pode causar peritonite, endocardite e, em casos de maior gravidade envolvendo o Sistema Nervoso Central (SNC), a meningite fúngica (Tuon; Costa, 2008).

O isolamento de *Kazachstania telluris* possui relevância clínica e epidemiológica, uma vez que o gênero *Kazachstania* tem sido progressivamente reconhecido como um grupo de leveduras oportunistas emergentes em seres humanos. Embora historicamente associado a ambientes naturais e ao trato gastrointestinal de animais, estudos recentes demonstram sua participação em infecções invasivas, evidenciando a transição dessas leveduras do ambiente para o cenário clínico (Mercier *et al.*, 2022).

Nesse contexto, o complexo de espécies *Kazachstania telluris* (historicamente correlacionado ao gênero *Arthroascus*) tem sido isolado em amostras ambientais associadas a aves. Estudos epidemiológicos e de rastreamento micológico conduzidos por Choukri *et al.* (2011) documentaram o isolamento de isolados pertencentes ao complexo *K. telluris* a partir de fezes de pombos, estabelecendo uma correlação direta entre a exposição ambiental a esses vetores e o desenvolvimento de fungemias oportunistas em pacientes imunocomprometidos. Esses achados reiteram a importância dos excrementos de pombos como reservatórios ambientais não apenas para micoses sistêmicas convencionais, mas também para patógenos fúngicos raros de relevância clínica crescente.

Relatos na literatura descrevem casos de fungemia, abscessos e infecções sistêmicas associados a espécies do gênero *Kazachstania*, principalmente em pacientes imunocomprometidos, internados em unidades de terapia intensiva, submetidos ao uso prolongado de cateter venoso central ou à nutrição parenteral (Fortna *et al.*, 2025; Gallotti *et al.*, 2023). Além disso, estudos sugerem que a

patogenicidade dessas leveduras pode estar relacionada à capacidade de formação de biofilme e à produção de enzimas extracelulares, como proteinases e fosfolipases (Kumar *et al.*, 2022).

Espécies desse gênero frequentemente apresentam Concentrações Inibitórias Mínimas (CIMs) elevadas para fluconazol, sugerindo sensibilidade dose-dependente ou possível resistência intrínseca associada a características estruturais e metabólicas ainda não completamente elucidadas (Mercier *et al.*, 2022; Tadec *et al.*, 2016).

C. tropicalis é um dos patógenos mais relevantes na micologia médica atual, ocupando o segundo ou terceiro lugar em prevalência nas candidemias, principalmente em regiões de clima tropical, como o Brasil (Colombo *et al.*, 2006). Pode apresentar uma associação forte com neoplasias hematológicas (leucemias e linfomas) e pacientes neutropênicos (Kontoyiannis *et al.*, 2002).

Apesar de poder fazer parte da microbiota humana, como no trato gastrointestinal e pele, é capaz de dispersão ambiental significativa, aumentando o risco de transmissão nosocomial em área hospitalar (Negri *et al.*, 2012). Essa dispersão na comunidade é amplificada por reservatórios animais urbanos, uma vez que a espécie tem sido frequentemente isolada a partir de excretas de pombos (*Columba livia*), cujos componentes orgânicos favorecem a sua sobrevivência no ambiente e posterior disseminação por aerossóis (Silva *et al.*, 2020). A patogenicidade está associada com sua capacidade de produzir biofilmes densos e muito bem estruturados, impedindo a entrada de antifúngicos e também da resposta imune (Zuza-Alves *et al.*, 2017).

Esta espécie apresenta alto potencial patogênico, devido à transição de levedura à hifa ou pseudohifa (morfogênese), ou seja, uma adaptação conforme as necessidades de sobrevivência, mas que pode influenciar diretamente no processo patológico. Subsequentemente, suas proteinases (SAPs) e fosfolipases, como enzimas principais, são capazes de degradar as membranas celulares do hospedeiro, permitindo assim a invasão no tecido (Silva *et al.*, 2012). Na saúde pública, é um problema sua resistência aos antifúngicos, como ocorre com o fluconazol, já documentado em estudos anteriores, devido a mutações gênicas em *ERG11* ou pela produção excessiva de bombas de efluxo nos genes *CDR1* e *MDR1*, responsáveis pela remoção de substâncias tóxicas na célula, impossibilitando a ação de fármacos (Oliveira, 2017; WHALEY *et al.*, 2017).

A identificação de *Pichia kudriavzevii* desta levedura em amostras ambientais de Recife reflete sua notável versatilidade e resiliência (Douglass *et al.*, 2018). A taxonomia fúngica tem passado por reestruturações significativas com o advento de ferramentas moleculares, impactando diretamente a nomenclatura de patógenos humanos. Um exemplo relevante é a espécie *Pichia kudriavzevii*, que representa o estado teleomórfico (forma sexuada) da levedura historicamente conhecida na clínica como *C. krusei* (Kurtzman *et al.*, 2011; Douglass *et al.*, 2018). Esta espécie destaca-se por sua notável versatilidade metabólica, sendo capaz de manter a eficiência fermentativa em condições extremas, como temperaturas elevadas (40°C a 45°C) e meios altamente acidificados com pH até 2,0 (Dhivya; Balasubramanian, 2021).

Em contextos clínicos, a resistência intrínseca ao fluconazol impõe desafios severos ao manejo terapêutico (Pappas *et al.*, 2016). Recentemente, estudos genômicos confirmaram que isolados clínicos e ambientais pertencem à mesma linhagem evolutiva, o que reforça a necessidade de um controle rigoroso na seleção de cepas para uso industrial e a importância da vigilância de reservatórios ambientais, como as excretas de aves coletadas neste estudo (Douglass *et al.*, 2018; Pérez-Cantero *et al.*, 2020).

A utilização da espectrometria de massas MALDI-TOF MS permitiu a identificação precisa de diversas linhagens, corroborando a eficiência desta tecnologia na rotina micológica. Os perfis metabólicos observados nos testes de urease e fermentação da glicose alinham-se, em sua maioria, com as descrições clássicas das espécies identificadas.

Esses achados demonstram a diversidade taxonômica das leveduras isoladas, incluindo espécies de relevância ambiental e potencial oportunista, ressaltando a importância da associação entre métodos fenotípicos e ferramentas proteômicas para uma identificação mais precisa das linhagens.

Os resultados obtidos a partir do isolamento de leveduras presentes em excretas de pombos coletadas no centro de Recife-PE revelaram diversidade de espécies com diferentes perfis fenotípicos. Essa biodiversidade pode ser favorecida pelas condições climáticas características da região, marcadas por elevadas temperaturas de acordo com o informativo meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia (2026), com máxima de 34°C, e altos índices de umidade relativa do ar em torno de 50%, fatores que contribuem para a manutenção da viabilidade fúngica nas excretas expostas ao ambiente. A análise comparativa entre os dados

experimentais e a literatura evidencia a adaptação desses microrganismos ao ambiente urbano, bem como os possíveis riscos à saúde pública.

A diversidade de espécies identificadas em excretas de pombos provenientes de áreas urbanas de Recife–PE evidencia o papel dessas aves como importantes reservatórios e potenciais disseminadores de leveduras de relevância médica. A presença de espécies com potencial oportunista e perfis de suscetibilidade reduzida a antifúngicos reforça a necessidade de vigilância microbiológica e de medidas de controle relacionadas às aves sinantrópicas em ambientes urbanos.

3.5 CONCLUSÃO

O presente estudo cumpriu satisfatoriamente o objetivo de isolar, identificar e caracterizar a microbiota de leveduras presentes em excretas de pombos na região central de Recife-PE. Os resultados corroboram a premissa de que os dejetos dessas aves em ambientes urbanos funcionam como reservatórios críticos de diversidade fúngica, englobando desde patógenos oportunistas clássicos até espécies emergentes de importância clínica crescente.

A investigação permitiu a obtenção de 33 isolados distintos, evidenciando que a diversidade de espécies é favorecida pelas condições climáticas locais, como altas temperaturas e elevada umidade relativa do ar.

Em suma, a estreita convivência entre a população urbana e aves sinantrópicas em Recife representa um desafio relevante para a vigilância sanitária. A presença de leveduras potencialmente patogênicas nas excretas dessas aves reforça a necessidade de monitoramento ambiental e controle sanitário em áreas urbanas. Recomenda-se, para estudos futuros, a realização de testes de suscetibilidade antifúngica e análises moleculares complementares, visando ampliar o conhecimento acerca do potencial patogênico dessas linhagens ambientais.

3.6 REFERÊNCIAS

AL-YASIRI, A. et al. Shared Core and Host Specificities of Culturable Pathogenic Yeast Microbiome in Fresh and Dry Feces of Synanthropic Wild Birds. **MDPI Microorganisms**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 41-55, 2020.

BADEEI, A. *et al.* Evaluation of MALDI-TOF mass spectrometry for rapid identification of clinical yeast isolates. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, [s. l.], v. 35, n. 4, e23725, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jcla.23725>. Acesso em: 18 maio 2026.

BARNETT, J. A.; PAYNE, R. W.; YARROW, D. **Yeasts**: characteristics and identification. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. 5. ed. Brasília, DF: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Recomendações para uso do teste rápido LF-CrAg para diagnóstico de criptococose em pessoas vivendo com HIV/aids**. Nota Informativa Nº 10/2024-CGTM/DATHI/SVSA/MS. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.

BRIENZE, V. M. S. *et al.* Síndrome inflamatória da reconstituição imune associada à meningite criptocócica: fatores de risco e biomarcadores. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 28, n. 1, p. 45-52, 2025.

CARVALHO, L. C.; CARVALHO, G. C.; FRANÇA, O. C. Criptococose: Epidemiologia, Diagnóstico e Tratamento de uma Micose Sistêmica em Pacientes Imunocompetentes e Imunossuprimidos. **Periódicos Brasil: Pesquisa Científica**, v. 3, n. 2, p. 908-116, 2024a.

CASADEVALL, A. Amoeba-pathogen interactions: a model for the evolution of pathogenesis. **Current Opinion in Microbiology**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 436-440, 2012b.

CASADEVALL, A.; KONTOYIANNIS, D. P.; ROBERT, V. On the emergence of *Candida auris*: climate change, azoles, swamps, and birds. **mBio**, 2024b. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mbio.01397-24>. Acesso em: 13 maio 2026.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Candida auris**. 2025. Disponível em: <https://www.cdc.gov/candida-auris/index.html>. Acesso em: 13 maio 2026.

CHAKRABARTI, A.; JATANA, M.; KUMAR, P.; CHATHA, L.; KAUSHAL, A.; PADHYE,

A. A. Isolation of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* from *Eucalyptus camaldulensis* in India. **Journal of Clinical Microbiology**, Washington, v. 35, n. 12, p. 3340–3342, 1997. DOI: 10.1128/JCM.35.12.3340-3342.1997b.

CHOUKRI, F. et al. *Kazachstania telluris* fungemia in an immunocompromised patient: a case report and mycological characterization of the *Kazachstania telluris* species complex. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 49, n. 4, p. 1654–1657, 2011.

CHRISTENSEN, W. B. Urea decomposition as a means of differentiating *Proteus* and paracolon cultures from each other and from *Salmonella* and *Shigella* types. **Journal of Bacteriology**, [S. l.], v. 52, n. 4, p. 461-466, 1946.

COLOMBO, A. L. et al. Epidemiology of Candidemia in Brazil: a multicenter study of 1,000 cases. **Journal of Clinical Microbiology**, [s. l.], v. 44, n. 8, p. 2816-2823, 2006.

COLOMBO, A. L.; GUIMARÃES, T. Epidemiologia das infecções hematogênicas por fungos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 5, p. 599-607, 2003.

DHIVYA, S.; BALASUBRAMANIAN, V. *Pichia kudriavzevii*: A versatile yeast with emerging biotechnological applications. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], 2021.

DOUGLASS, A. P. et al. Population genomics shows that the *Candida krusei* pathogen and the *Pichia kudriavzevii* producer are the same species. **PLOS Pathogens**, [s. l.], v. 14, n. 7, p. e1007138, jul. 2018.

EL KARKOURI, H. et al. Isolation of *Cryptococcus* from Pigeon Droppings in Central Casablanca. **Natural Built Social Environment Health**, v. 1, n. 1, p. 26-40, 2025b.

FONSECA, Álvaro et al. Phylogeny and phenotypic characterization of pathogenic *Cryptococcus* species and closely related saprobic taxa in the Tremellales. **FEMS Yeast Research**, Oxford, v. 9, n. 5, p. 626–636, 2009. DOI: 10.1111/j.1567-1364.2009.00511.x.

FORTNA, A.; ARONOFF, S. C. *Kazachstania slooffiae* Fungemia: A Case Report and Literature Review on an Emerging Opportunistic Pathogen in Humans. **Open Forum**

Infectious Diseases, [s. l.], v. 12, n. 2, ofae714, fev. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ofid/ofae714>. Acesso em: 9 maio 2026.

GALLOTTI, B. et al. Kazachstania slooffiae, an emerging pathogen to watch for in humans? **Medical Mycology Case Reports**, [s. l.], v. 40, p. 21-24, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mmcr.2023.03.003>. Acesso em: 9 maio 2026.

JUNIOR, A. et al. Biofilm formation by Wickerhamomyces anomalus clinical isolates: virulence and antifungal resistance. **Medical Mycology**, v. 56, n. 6, p. 701-710, 2018.

KIM, Min-Jae et al. *Naganishia*-associated fungal pleuritis in kidney transplant recipients: emerging opportunistic infections caused by non-*Cryptococcus* Tremellomycetes. **Medical Mycology Case Reports**, Amsterdam, v. 44, p. 12-16, 2024. DOI: 10.1016/j.mmcr.2024.02.003.

KING, A. Douglas; HOCKING, Ailsa D.; PITT, John I. Dichloran-rose bengal-chlortetracycline agar for counting yeasts and molds in foods. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 37, n. 5, p. 959-964, maio 1979.

KONTOYIANNIS, D. P. et al. Candida tropicalis viraemia: awareness of a high-risk population. **Clinical Microbiology and Infection**, [s. l.], v. 8, n. 8, p. 496-501, 2002.

LACAZ, C. S. et al. **Tratado de Micologia Médica**. 9. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

LASS-FLÖRL, C. et al. Invasive candidiasis. *Nature Reviews Disease Primers*, 2024b. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41572-024-00503-3>. Acesso em: 13 maio 2026.

LAZÉRA, Márcia dos Santos et al. *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans* isolated from soil and tree holes in Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 91, n. 4, p. 407-411, jul./aug. 1996.

LI, H. et al. Fungi between threat and promise: global perspectives on health and innovation. **PMC**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 115-130, 2025. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>. Acesso em: 13 maio 2026.

LIU, Xia-Zhong et al. Towards an integrated phylogenetic classification of the Tremellomycetes. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 81, p. 85–147, 2015. DOI:

10.1016/j.simyco.2015.12.001.

MEDEIROS, M. A. P. *et al.* Expressão de fatores de virulência por isolados ambientais de *Cryptococcus neoformans* em Natal, Rio Grande do Norte. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 2, p. 233-238, 2012b.

MENEZES, E. A. *et al.* Análise de agentes patogênicos em fezes de pombos e leveduras ambientais emergentes em áreas urbanas. **Revista Multitemas**, Campo Grande, n. 46, p. 205-222, 2014.

MERCIER, T. *et al.* Fungal Infections Caused by *Kazachstania* spp., Strasbourg, France, 2007–2020. **Emerging Infectious Diseases**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 211-215, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3201/eid2801.211566>. Acesso em: 9 maio 2026.

MEZZARI, A.; RODRIGUES, L. R. P.; REOLON, A. Prevalência de *Cryptococcus neoformans* em pombos urbanos na cidade de Porto Alegre. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 5, p. 293-298, 2004.

MOLINE, M. *et al.* Photoprotection by carotenoids: The case of *Rhodotorula mucilaginosa*. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 11, n. 11, p. 1650-1661, 2012.

NEGRI, M. *et al.* Insights into *Candida tropicalis* nosocomial infections and virulence factors. **European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, [s. l.], v. 31, n. 7, p. 1399-1412, 2012.

NUNES, A. P. **Aves sinantrópicas: biologia e controle**. São Paulo: Instituto Biológico, 2012.

NUNES, J. M. *et al.* *Rhodotorula* species: a review of their clinical significance and susceptibility to antifungal agents. **African Journal of Microbiology Research**, v. 7, n. 30, p. 3848-3855, 2013.

OLIVEIRA, J. S. **Mecanismos de resistência a antifúngicos descritos em *Candida tropicalis***. 2017. 115 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Médica) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, Lana Sarita de Souza *et al.* Comparison of *Cryptococcus gattii*/neoformans Species Complex to Related Genera (*Papiliotrema* and *Naganishia*) Reveal Variances in Virulence Associated Factors and Antifungal Susceptibility. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, [s. l.], v. 11, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.642658>. Acesso em: 18 maio 2026.

PAPPAS, P. G. *et al.* Clinical Practice Guideline for the Management of Candidiasis: 2016 Update by the Infectious Diseases Society of America. **Clinical Infectious Diseases**, [s. l.], v. 62, n. 4, p. e1-e50, fev. 2016.

PASQUALOTTO, A. C. *Pichia anomala* fungemia: reviews of 130 cases. **Journal of Infection**, v. 58, n. 3, p. 235-240, 2009.

PEDROSO, R. S. *et al.* Evaluation of the Experimental Inoculation of *Cryptococcus Albidus* and *Cryptococcus Laurentii* in Normal Mice: Virulence Factors and Molecular Profile before and after Animal Passage. **Mycopathologia**, [s. l.], v. 168, n. 2, p. 59–72, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11046-009-9202-z>. Acesso em: 19 mai. 2026.

PÉREZ-CANTERO, A.; GUARRO, J. Rare Opportunistic Yeasts: *Saccharomyces*, *Hanseniaspora*, *Issatchenkia*, *Kazachstania*, *Kluyveromyces*, *Kodamaea*, *Pichia*, and *Wickerhamomyces*. **Medical Mycology**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 81-105, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mmy/myy145>. Acesso em: 9 maio 2026.

PFALLER, M. A.; HOUSTON, A.; COFFMANN, S. Evaluation of CHROMagar Candida as a primary isolation and identification medium for medical mycology. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 34, n. 8, p. 2020-2023, 1996.

PIMENTEL, J. *et al.* Hospital Indoor Air as a Reservoir of Opportunistic Yeasts: Species Diversity and Antifungal Susceptibility. **Journal of Fungi**, [S. l.], v. 12, n. 3, 2026a.

PINTO, Luciana Magalhães. **Avaliação da prevalência, fatores de virulência e susceptibilidade antifúngica de *Candida* spp. oriundas de fezes de pombos (*Columbia livia*)**. 2018. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

RHODES, J.; FISHER, M. C. Global emergence of antifungal-resistant fungal pathogens. **The Lancet Microbe**, 2024a. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(24\)00008-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(24)00008-4/fulltext). Acesso em: 13 maio 2026.

RICCI, I. et al. The yeast *Wickerhamomyces anomalus* as a symbiotic gut inhabitant of the malaria vector *Anopheles stephensi*. **Environmental Microbiology**, v. 13, n. 4, p. 911-921, 2011.

SILVA, G. A. S. et al. Mecanismos de resistência de *Cryptococcus* spp. e compostos de plantas como ferramentas para combatê-los. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e57810212819, p. 1-13, 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12819>. Acesso em: 18 maio 2026.

SILVA, A. C. de O. et al. Isolamento de *Cryptococcus neoformans* em excretas de pombos (*Columba livia*) no ambiente urbano de Ribeirão Preto, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 40, n. 3, p. 315-318, mai./jun. 2007a.

SILVA, G. V. A. N. et al. Criptococose: consequência da infecção por *Cryptococcus neoformans* em pacientes com AIDS no Brasil. **Revista Eletrônica Acervo Médico**, v. 27, p. e12450, 2025a.

SILVA, M.; GADANHO, M.; SAMPAIO, J. P. **Manual de métodos de preservação de microrganismos**. [S. l.: s. n.], 2004.

SILVA, S. et al. *Candida tropicalis* virulence: exploitation of enzymes, biofilm formation and morphological transition. **Excli Journal**, [s. l.], v. 11, p. 441-458, 2012.

SILVA-ROCHA, W. P.; AZEVEDO, M. F. de; CHAVES, G. M. Epidemiology and fungal species distribution of superficial mycoses in Northeast Brazil = Épidémiologie et distribution des espèces fongiques des mycoses superficielles dans le Nord-est du Brésil. **Journal de Mycologie Médicale**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 57-64, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.08.008>. Acesso em: 18 maio 2026.

SOARES, M. C. et al. Vigilância sanitária e controle de pombos em áreas urbanas: riscos e desafios. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, [S. l.], v. 12, n.

2, 2018a.

SOUZA, N. P. R. de; ALMEIDA, R. L. G. Pombos urbanos (*Columba livia*) como agentes transmissores de infecções e o impacto na saúde pública. **Revista JNT-Facit Business and Technology**, Araguaína, v. 1, n. 20, p. 112-125, 2020.

STAIB, F. *Cryptococcus neoformans* und *Guizotia abyssinica* (Syn. *Guizotia oleifera* D.C.): Farbreaktion für *Cryptococcus neoformans* durch *Guizotia abyssinica*-Samen-Extrakt. **Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten**, Berlin, v. 148, n. 5, p. 466–475, mar. 1962.

TADEC, L. et al. Epidemiology, risk factor, species distribution, antifungal resistance and outcome of Candidemia at a single French hospital. **Mycoses**, [s. l.], v. 59, n. 5, p. 296-303, maio 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/myc.12470>. Acesso em: 9 maio 2026.

TUON, F. F.; COSTA, S. F. Rhodotorula infection. A systematic review of 128 cases from literature. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 50, n. 3, p. 135-140, 2008.

WALKER, G. M. Pichia anomala: cell physiology and biotechnology relative to food and beverage fermentations. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 99, n. 1, p. 25-34, 2011.

WHALEY, S. G. et al. Azole Resistance in Candida albicans and Emerging Non-albicans Candida Species. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v. 7, p. 2173, dez. 2017.

WIRTH, F.; GOLDANI, L. Z. Epidemiology of Rhodotorula an emerging pathogen. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, Bethesda, v. 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2012/465717>. Acesso em: 19 maio 2026.

WIRTH, Fernanda; GOLDANI, Luciano Z. Epidemiology of *Rhodotorula*: an emerging pathogen. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, v. 2012, p. 1-7, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/465717>. Acesso em: 17 jun. 2026.

WYKRĘTOWICZ, K. et al. *Rhodotorula* spp. in Laboratory and Veterinary Clinical Practice: Contamination or an Emerging Problem? **Animals**, [S. l.], v. 15, n. 22, 2025.

ZARAGOZA, O. *Cryptococcus* virulence factors. **Journal of Fungi**, v. 10, n. 2, p. 115,

2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof10020115>. Acesso em: 19 maio 2026.

4 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S.; SOUZA, F. A. Proliferação de *Columba livia* em centros urbanos e os impactos na saúde pública. **Revista Brasileira de Saúde Pública e Urbanismo**, v. 8, n. 2, p. 112-125, 2020.

BOTHA, A. The importance and ecology of yeasts in soil. In: KURTZMAN, C. P.; FELL, J. W.; BOEKHOUT, T. (Ed.). **The Yeasts: a taxonomic study**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier, 2011. p. 177-191.

CARVALHO, L. M.; CARVALHO, T. S.; FRANÇA, R. F. Epidemiologia global das micoses sistêmicas: o impacto do gênero *Cryptococcus*. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 99, n. 1, p. 45-53, 2024b.

CASADEVALL, A. Amebas, galls, and people: Selected evolutionary considerations on the origins of fungal virulence. **Eukaryotic Cell**, v. 11, n. 1, p. 7-12, 2012a.

CASADEVALL, A. et al. Environmental reservoirs of fungal pathogens and the emergence of resistance. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 24, n. 3, p. e142-e151, 2024a.

CHAKRABARTI, A. et al. *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* in India. **Medical Mycology**, v. 35, n. 4, p. 297-300, 1997a.

DÍAZ, J. C. et al. Isolation of emerging yeast species from urban environmental matrixes. **Journal of Fungi**, v. 11, n. 2, p. 89, 2025.

EL KARKOURI, A. et al. Avian excreta as a selective substrate for pathogenic fungi: chemical and microbiological characterization. **Environmental Microbiology**, v. 27, n. 1, p. 104-115, 2025a.

KURTZMAN, C. P.; FELL, J. W.; BOEKHOUT, T. (ed.). **The Yeasts: a taxonomic study**. 5. ed. London: Elsevier, 2011. v. 1-3.

LASS-FLÖRL, C. et al. *Candida auris* and other emerging yeasts: a global threat in hospital and urban environments. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 37, n. 2, p. e00122-23, 2024a.

LI, Z. et al. Fungal infections in the increasingly immunosuppressed population: trends and challenges. **Trends in Microbiology**, v. 33, n. 4, p. 310-322, 2025.

MEDEIROS, C. S. et al. Fatores de virulência em leveduras: a importância das cápsulas e enzimas hidrolíticas. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 5, p. 621-628, 2012a.

PIMENTEL, M. S. et al. *Rhodotorula mucilaginosa* and emerging yeasts in urban bird droppings: a potential public health risk. **Mycopathologia**, v. 191, n. 1, p. 14-25, 2026b.

PINTO, T. O. et al. Ocorrência de leveduras do gênero *Candida* e *Rhodotorula* em fezes de pombos em ambiente urbano. **Revista de Microbiologia Aplicada**, v. 15, n. 3, p. 202-211, 2019.

RHODES, J.; FISHER, M. C. Global epidemiology of *Candida auris*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 22, n. 5, p. 289-301, 2024b.

ROSA, C. A.; GÁBOR, P. (ed.). **Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts**. Berlin: Springer-Verlag, 2013.

SEYOUM, B. et al. The role of creatinine and nitrogenous compounds in pigeon droppings for the selective growth of *Cryptococcus* and emerging yeasts. **Fungal Ecology**, v. 73, p. 101345, 2025a.

SIAGIAN, Forman Erwin. Paint It Black: Staining of the Yeast *Cryptococcus Neoformans* with India Ink. **International Journal of Pathogen Research**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 56-64, 2024.

SILVA, A. B. et al. Perfil de virulência de leveduras ambientais isoladas em centros urbanos. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 1845-1854, 2021a.

SILVA, M. E. et al. Pombos urbanos (*Columba livia*) como reservatórios de fungos patogênicos. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 6, p. 987-994, 2007b.

SOARES, R. C. et al. Bioaerossóis e a dispersão de propágulos fúngicos a partir de fezes ressecadas de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 711-720, 2018b.

VILCHEZ, R. A.; FUNG, J.; KUSNE, S. Cryptococcosis in organ transplant recipients: an overview. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 59, n. 11, p. 1911-1918, 2002.