

GRÃOS DE AMIDO

SÉRIE ALIMENTOS

GUIAS E MANUAIS DE IDENTIFICAÇÃO • Vol. 1



GRÃOS DE
AMIDO

SÉRIE ALIMENTOS
GUIAS E MANUAIS DE IDENTIFICAÇÃO
Vol. 1



UFRJ UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Reitor/a

2023-2027: Roberto de Andrade Medronho

Vice-Reitor

Cássia Curan Turci

Pró-Reitor de Pós-graduação e Pesquisa

João Torres de Mello Neto

Decano do Centro de Ciências da Saúde

Luiz Eurico Nasciutti

Diretor da Faculdade de Farmácia

Carlos Rangel Rodrigues

Chefe do Departamento de Produtos Naturais e Alimentos

Juliana Villela Paulino

Laboratório de Farmacobotânica

Ana Cláudia de Macêdo Vieira

André Luis de Alcantara Guimarães



Este livro foi financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), Processo SEI-260003/001765/2023, Programa de Apoio a Projetos Científicos e Tecnológicos em Ciências Agrárias no Estado do Rio de Janeiro – 2022.

Esta obra é derivada do acordo de cooperação técnica e científica assinado em 22 de fevereiro de 2022 entre:

- Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Instituto Municipal de Vigilância Sanitária, Vigilância de Zoonoses e de Inspeção Agropecuária (IVISA-Rio)



GRÃOS DE AMIDO

SÉRIE ALIMENTOS
GUIAS E MANUAIS DE IDENTIFICAÇÃO
Vol. 1

LUDILAINE FIUZA BARRETO DE OLIVEIRA
ANDRÉ LUIS DE ALCANTARA GUIMARÃES



SAÚDE



Rio de Janeiro
2023

Grãos de Amido - 1ª Edição

Série Alimentos - Guias e Manuais de Identificação Vol. 1

Copyright © 2023 Ludilaine Fiuza Barreto de Oliveira e André Luis de Alcantara Guimarães

Coordenação Geral André Luis de Alcantara Guimarães – FF/UFRJ

Editoração final Nuccia N. T. De Cicco – Ibm de Meis/UFRJ
www.nucciadecicco.com.br

Foto da Capa Nelson Duarte – IVISA-RIO
Espécies nos béckeres: milho, feijão-preto, feijão-caupi, grão-de-bico, ervilha, arroz, aveia, centeio, linhaça e cevada.
Espécies nas placas: café, mandioca, arroz, milho, linhaça, trigo integral e ervilha.

Capa, diagramação e projeto gráfico Eduardo Silva de Andrade Oliveira – IVISA-RIO

Revisão Científica Elaine Santiago Brilhante de Albuquerque - FF/UFRJ

Revisão e normalização do texto Nuccia N. T. De Cicco – Ibm de Meis/UFRJ

Fotografias Ludilaine Fiuza Barreto de Oliveira – FF/UFRJ
André Luis de Alcantara Guimarães – FF/UFRJ

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

A violação dos direitos autorais é crime estabelecido na lei no 9610/98 e punido pelo artigo 184 do código penal.

Conteúdo revisado conforme o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa (2009)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Oliveira, Ludilaine Fiuza Barreto de
Grãos de amido [livro eletrônico] : vol. 1 /
Ludilaine Fiuza Barreto de Oliveira, André Luis
de Alcantara Guimarães. -- 1. ed. -- Rio de Janeiro,
RJ : Ed. dos Autores, 2023. -- (Série alimentos:
guias e manuais de identificação ; 1)

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-74581-8

1. Alimentação 2. Grãos 3. Microscopia - Técnica
4. Raízes - Plantas 5. Tecnologia de alimentos
I. Guimarães, André Luis de Alcantara. II. Título.
III. Série.

23-164126

CDD-664

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia de alimentos 664
Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

Distribuição gratuita



AUTORES:

LUDILAINE FIUZA BARRETO DE OLIVEIRA

Mestranda em Ciência e Tecnologia Farmacêutica (FF/UFRJ). Graduada em Farmácia (UGF), com Habilitação em Bioquímica (UNIGRANRIO). Especialista em Farmacologia pela Associação Brasileira de Farmacêuticos (ABF).

ANDRÉ LUIS DE ALCANTARA GUIMARÃES

Professor Adjunto da Faculdade de Farmácia da UFRJ. Doutor em Ciências Biológicas (Botânica) (UFRJ), com Pós-doutorado em Desenvolvimento e avaliação de novos sistemas de liberação nanométricos de fármacos biológicos e sintéticos acoplados à simulação computacional (FF/UFRJ). Mestre em Ciências Biológicas (Botânica) (UFRJ). Graduado em Ciências Biológicas - Modalidade Ecologia (UFRJ).

De Ludilaine Fiuza Barreto de Oliveira:

Dedico esta obra a Deus, pelo cuidado diário, proporcionando-me sabedoria e equilíbrio necessários para cada ciclo da vida. “O temor do Senhor é o princípio da ciência” (Pv. 1:7).

Ao meu esposo, Wagner Oliveira, e à minha filha, Gabriele Barreto, pela compreensão e apoio todo o tempo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio de muitos que contribuíram para que esta obra se tornasse realidade.

Em especial, agradecemos à parceria com o Laboratório Municipal de Saúde Pública (LASP), onde tudo se originou, e à sua equipe, que participou ativamente da construção dessa obra, nos indicando as necessidades e caminhos a trilhar, além de propiciar a transformação de uma ideia em realidade.

Agradecemos também aos professores revisores, aos profissionais da diagramação e projeto gráfico do IVISA-Rio, à profissional da editoração final, Nuccia, pela dedicação e empenho, aos colegas estudantes de laboratório, aos profissionais microscopistas que, devido às necessidades da área, nos deram estímulo para vencer os obstáculos e escrever um livro com objetivos didáticos.

Por fim, agradecemos também às instituições pelo apoio e fomento.

PREFÁCIO

Estou extremamente feliz e honrada em ter sido convidada para escrever o prefácio deste livro sobre análise microscópica de amidos em alimentos. Como amante da culinária e da ciência dos alimentos, esse é um assunto que me fascina.

O estudo dos amidos em alimentos é fundamental para garantir a qualidade e segurança dos produtos que consumimos. Com a análise microscópica, podemos identificar fraudes alimentares e monitorar a qualidade dos alimentos que chegam às nossas mesas.

Neste livro você encontrará informações valiosas e atualizadas sobre a identificação das características morfológicas dos amidos, através da microscopia óptica, em diversos alimentos. Os capítulos foram redigidos com uma breve introdução, informações sobre histologia vegetal, aplicações práticas e inúmeras fotomicrografias que, além de ilustrar a teoria, poderão ser utilizados como material de referência para profissionais e estudantes.

Gostaria de destacar a parceria entre o Laboratório Municipal de Saúde Pública (LASP), onde trabalho, e a Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que tem sido fundamental para a pesquisa e aprimoramento dos métodos de análise microscópica de amidos em alimentos. Acreditamos que juntos podemos avançar ainda mais na compreensão dos processos de produção de alimentos e na garantia da qualidade dos produtos que chegam à mesa do consumidor. Estou certa de que essa parceria tem sido de grande valia para o avanço da ciência dos alimentos em nosso país.

Aproveito, também, para parabenizar os autores por esse trabalho incrível e ressaltar a inexistência de obras similares no Brasil, com produtos da agricultura nacional, o que torna esta publicação um instrumento de consulta e apoio técnico-científico necessário e único em sua abordagem.

Por fim, agradeço a oportunidade de contribuir com este prefácio e espero que este livro inspire muitas outras pesquisas e descobertas na área da ciência dos alimentos. Por isso, ao ler este livro, você também estará contribuindo para a continuidade dessa parceria e para o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que possam melhorar a qualidade dos alimentos que consumimos.

Com carinho,
Roberta Ribeiro
(Diretora do LASP/IVISA)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
ESTRUTURA E PROPRIEDADES DO GRÃO DE AMILO	15
METODOLOGIA	18
1. ORDEM POALES	19
FICHA DESCRITIVA.....	20
1.1 ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	21
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE ARROZ.....	22
1.2 AVEIA (<i>Avena sativa</i> L.).....	31
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE AVEIA.....	32
1.3 CENTEIO (<i>Secale cereale</i> L.)	39
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE CENTEIO	40
1.4 CEVADA (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	48
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE CEVADA	49
1.5 MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	55
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE MILHO	56
1.6 TRIGO (<i>Triticum aestivum</i> L.)	62
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE TRIGO	63
2. ORDEM SOLANALES	71
FICHA DESCRITIVA.....	72
2.1 BATATA (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	73
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE BATATA	73
2.2 BATATA-DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	82
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE BATATA-DOCE.....	83
3. ORDEM MALPIGHIALES	89
FICHA DESCRITIVA.....	90
3.1 MANDIOCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	91
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE MANDIOCA	92
4. ORDEM FABALES	98
FICHA DESCRITIVA.....	99
4.1 FEIJÃO COMUM (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	100
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE FEIJÃO COMUM.....	100

4.2 FEIJÃO-CAUPI (<i>Vigna unguiculata</i> L.).....	115
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE FEIJÃO-CAUPI.....	115
4.3 GRÃO-DE-BICO (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	121
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE GRÃO-DE-BICO.....	121
4.4 ERVILHA (<i>Pisum sativum</i> L.).....	127
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE ERVILHA	127
5. ORDEM ZINGIBERALES.....	133
FICHA DESCRITIVA.....	134
5.1 BANANA (<i>Musa</i> spp.)	135
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE BANANA	136
6. ORDEM DIOSCOREALES	151
FICHA DESCRITIVA.....	152
6.1 INHAME (<i>Dioscorea</i> spp.).....	153
CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE INHAME.....	153
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
BIOGRAFIAS.....	164
APÊNDICE I	165

GRÃOS DE AMIDO – Classificação



Ordem Poales

Família Poaceae

- Arroz (*Oryza sativa* L.)
- Aveia (*Avena sativa* L.)
- Centeio (*Secale cereale* L.)
- Cevada (*Hordeum vulgare* L.)
- Milho (*Zea mays* L.)
- Trigo (*Triticum aestivum* L.)



Ordem Solanales

Família Solanaceae

- Batata (*Solanum tuberosum* L.)

Família Convolvulaceae

- Batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)



Ordem Malpighiales

Família Euphorbiaceae

- Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)



Ordem Fabales

Família Fabaceae

- Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.): variedades preto e carioca
- Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* L.)
- Grão-de-Bico (*Cicer arietinum* L.)
- Ervilha (*Pisum sativum* L.)



Ordem Zingiberales

Família Musaceae

- Banana (*Musa* spp.): variedades prata, ouro e maçã



Ordem Dioscoreales

Família Dioscoreaceae

- Inhame (*Dioscorea* spp.)

INTRODUÇÃO

As plantas realizam uma importante reação química denominada fotossíntese. Neste processo, o gás carbônico com a água, no interior dos cloroplastos, associado à energia solar, forma moléculas de glicose, fornecendo energia aos vegetais (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2011; KERBAUY, 2012).

Essas moléculas de glicose resultantes das reações químicas do protoplasma formam substâncias chamadas de inclusões celulares. As inclusões celulares formadas se dividem em natureza química orgânica e inorgânica. Tem-se de natureza orgânica os grãos de amilo, grãos de aleurona, gotículas de óleo e os esferocristais de inulina; e de natureza inorgânica tem-se o oxalato de cálcio e o carbonato de cálcio. Essas inclusões celulares apresentam formas definidas e constantes para cada espécie vegetal, possibilitando por meio destas, a identificação das diferentes espécies vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Os grãos de amilo são polissacarídeos formados de amilose e amilopectina, em que as cadeias de amilose são constituídas de moléculas de D-glicose unidas por ligações glicosídicas α -(1,4) formando uma estrutura de cadeia linear; e as cadeias de amilopectina são constituídas de moléculas de D-glicose unidas em α -(1,4) com pontos de ramificações em α -(1,6) formando uma cadeia maior de estrutura ramificada. O tamanho da estrutura dos polímeros (polissacarídeos), bem como o teor de amilose e amilopectina podem variar, dependendo da espécie vegetal (DENARDIN; SILVA, 2009; OLIVEIRA, 2011).

Esses polissacarídeos produzidos em pequenos agregados individuais, denominados grãos, que ficam armazenados nos amiloplastos, são amplamente distribuídos em diversas espécies vegetais como substância de reserva energética. Encontram-se grãos de amilo armazenados em diferentes partes dos vegetais, como raízes, rizomas, tubérculos, frutos, sementes e, menos frequentemente, em cascas (DENARDIN; SILVA, 2009).

Os amilos extraídos de partes aéreas comestíveis, como os cereais, chamam-se amido; e os extraídos de partes comestíveis de tubérculos, raízes e rizomas recebem o nome de fécula. Além de serem substâncias de reserva das plantas, são fundamentais como fonte de energia para animais, bem como matéria-prima industrial na produção de alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A utilização dos grãos de amilo pelas indústrias tem sido cada vez mais frequente tanto na sua forma natural quanto na modificada em dextrinas e ciclodextrinas, sendo utilizados como: aglutinantes, desintegrantes, espessantes, umectantes, estabilizantes e nutracêuticos; bem como ingredientes na fabricação de pães, bolos, macarrões, bolachas, cereais processados, farinhas e farelos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A Resolução RDC nº 711, de 01 de julho de 2022, "Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas inte-

grais, massas alimentícias e pães”. Esta resolução estabelece as definições dos diferentes produtos amiláceos, bem como os requisitos de composição, qualidade, segurança e rotulagem. Amido é o produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas; fécula é obtida de raízes, tubérculos ou rizomas, e farinha é o produto obtido de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2022).

A composição das farinhas varia de acordo com a origem do grão ou órgão vegetal, bem como dos processos tecnológicos utilizados para fabricação. Na fabricação das farinhas refinadas as cascas dos grãos não entram na composição, enquanto que as farinhas integrais são obtidas da moagem da cariopse inteira, ou seja, no caso de cereais, entram na composição o tegumento (casca), o endosperma (parte interna) e o embrião (Gérmen). Encontram-se ainda no comércio os farelos que são produtos obtidos do processamento de grãos de cereais ou leguminosas, constituídos principalmente de cascas e Gérmen, podendo conter partes do endosperma. A designação de farinhas, farelos, féculas e amidos deve estar de acordo com o nome comum das espécies vegetais utilizadas, conforme a resolução vigente (BRASIL, 2022).

O crescente interesse das indústrias na produção de produtos alimentícios tem estimulado o processamento de outros tipos de farinhas, além das clássicas de cereais. Pelo processo de desidratação, moagem e peneiração; tem-se obtido farinhas derivadas de diferentes órgãos vegetais, como sementes, tubérculos e raízes (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A incidência de fraudes e adulterações em alimentos no Brasil é uma realidade comprovada por inúmeros estudos, sendo amidos e farináceos os produtos comumente envolvidos nessas fraudes e adulterações, seja utilizando-os como adulterantes em outros produtos, seja nos próprios com misturas de diferentes espécies vegetais. Estudos realizados com amostras de alimento, como café, por exemplo, evidenciaram a presença de adulterantes, como amido de arroz, feijão, cevada e principalmente milho (VALENZUELA; MOREIRA, 2009; SILVA *et al.*, 2019).

Diante deste contexto, o controle de qualidade na fabricação desses produtos é fundamental, bem como as ações de fiscalização dos produtos ofertados à população. É imprescindível investimentos em qualificação técnico-científica e na infraestrutura dos laboratórios para que se possa realizar de forma estruturada e adequada a correta identificação dos diversos grãos de amido das diferentes espécies vegetais a fim de promover a segurança na disponibilidade do alimento e, conseqüentemente, na saúde da população.

Essas fraudes e adulterações podem ser evidenciadas com análises em microscopia, representando um conjunto de métodos analíticos que se baseiam na observação ao microscópio com objetivo de visualizar as diferentes características morfológicas dos grãos de amido, por exemplo, e correlacioná-las às diferentes espécies vegetais, sendo possível constatar sua presença ou ausência no alimento analisado.

As análises microscópicas de alimentos representam um método de execução comparativamente rápido e de baixo custo, pois usualmente são usados microscópios ópticos simples, em campo claro ou até em luz polarizada. Em geral, são análises comumente realizadas em laboratórios de perícia e vigilância sanitária, isoladamente ou em conjunto com outros métodos analíticos, podendo revelar alimentos contaminados, fraudados e/ou em mau estado de conservação (RODRIGUES; ATUI; CORREA, 1999). Contudo, o desafio da microscopia de alimentos reside na capacitação técnica e experiência dos analistas. A equipe envolvida certamente precisará de conhecimentos em diversas áreas do conhecimento, como Botânica, Zoologia, Microbiologia. Analistas com mais experiência terão conhecimentos técnicos específicos de morfologia e anatomia vegetal e entomológica, por exemplo, baseando seus laudos na identificação das características morfológicas por comparação com obras literárias de referência.

As obras literárias de referência disponíveis muitas vezes apresentam imagens em forma de esquemas que podem diferir do material analisado ao microscópio, dificultando o processo de comparação pelo analista. A produção de atlas com imagens ao microscópio, aliadas às suas descrições, podem favorecer o processo de identificação microscópica por comparação, contribuindo com resultados robustos durante as análises laboratoriais.

Sendo assim, esta obra bibliográfica tem como objetivo atender a necessidade de um material de referência didático e adequado que viabilize uma análise rápida e eficiente aos laboratórios fiscais, demais centros de análise do país e a quem interessar, com intuito de promover o controle na qualidade dos produtos disponíveis.

ESTRUTURA E PROPRIEDADES DO GRÃO DE AMILO

As diferentes espécies vegetais possuem um padrão morfológico dos grãos de amilo com características microscópicas que variam em estado de agregação, formato, tamanho, estratificação, tipo e posição do hilo, sendo possível empregar essas características para identificar as diferentes espécies vegetais.

Segundo Oliveira *et al.* (2015), na composição da estrutura dos grãos quanto ao formato se diferem em poligonais, poliédricos, circulares, esféricos, ovoides, discoides, periformes, globulares ou lenticulares. Quanto ao estado de agregação se apresentam isolados (simples), um grão em cada plastídeo, ou compostos, muitos grãos dentro de cada plastídeo. Quanto ao hilo no interior do grão se apresentam em formato de ponto ou ranhura, cruzado, puntiforme, linear, cruciforme ou estrelado; no centro ou excêntrico ao grão. Quanto ao estado de estratificação os grãos apresentam estrias perceptíveis ou imperceptíveis.

Essas características gerais dos grãos variam conforme a espécie vegetal, sendo importantes caracteres de diagnóstico para diferenciação pelo analista na microscopia de alimentos.

Os grãos de amilo se desenvolvem ao redor do hilo, considerado o ponto original de crescimento. As cadeias de amilose e amilopectina formam os anéis de crescimento ao redor, esse sistema de estratificação de estrias que avançam para o exterior dos grãos se tornam mais finos, podendo não ser visto em alguns deles. A organização dessas estrias forma camadas alternadas cristalinas e amorfas, em que a camada cristalina é constituída da parte linear da estrutura de dupla hélice das moléculas de amilopectina, enquanto que a camada amorfa é constituída pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da cadeia de amilopectina (DENARDIN; SILVA, 2009).

Os grãos de amilo apresentam a propriedade de birrefringência e, quando observados em microscópio óptico sob luz polarizada, a refração das camadas cristalinas revela a forma típica "cruz de Malta negra", caracterizado pela orientação radial das macromoléculas. Essa propriedade de birrefringência não está relacionada especificamente à camada cristalina, mas é devida ao alto grau de orientação e organização molecular, sendo possível observar em grãos com a estrutura interna inalterada (DENARDIN; SILVA, 2009).

A cadeia de amilopectina é predominantemente responsável pela cristalinidade, que varia de 15% a 45% de acordo com a espécie botânica. Esse grau de cristalinidade depende do comprimento das cadeias de amilopectina, do teor de água e do empacotamento das duplas hélices, podendo ser identificados através da difração de raio X (MIRANDA *et al.*, 2019).

Esses padrões de cristalinidade podem ser do tipo A, B ou C. O polimorfo tipo A é descrito como uma unidade celular monocíclica altamente condensada e cristalina, devido às poucas moléculas de água entre as hélices, com cadeia de amilopectina de comprimento de 23 a 29 unidades de glicose, ocorrendo na maioria dos cereais. O polimorfo tipo B é formado de cadeias externas maiores de amilopectina com 30 a 44 unidades de glicose, apresenta uma estrutura mais aberta e permite a ligação com um maior número de moléculas de água, ocorrendo em tubérculos, amido de bananas, amidos retrogradados e ricos em amilose. O polimorfo tipo C é descrito como padrão intermediário entre os tipos A e B, composto por moléculas de amilopectina de cadeias de 26 a 29 unidades de glicose, sendo típico em leguminosas, raízes e sementes (MIRANDA *et al.*, 2019).

A proporção do teor de amilose e amilopectina varia com o grau de maturação entre as diferentes espécies vegetais. Essas diferenças nas proporções destes polímeros, bem como a organização física da estrutura, resultam em grãos diferentes que influenciam as propriedades físico-químicas e funcionais dos grãos, atribuindo-lhes aplicações industriais específicas (LOUREIRO *et al.*, 2019).

Os polímeros de amilose e amilopectina interagem com o reagente lugol, uma solução de iodo e iodeto de potássio, resultando em um complexo que pode variar de azul-arroxeadado a preto e avermelhado. A cor e a intensidade estão diretamente associadas à conformação estrutural do iodo com as cadeias de amilose e amilopectina; as cadeias lineares em forma helicoidal da amilose interagem melhor com a molécula de iodo, resultando em uma coloração mais intensa de azul arroxeadado a preto, enquanto na estrutura ramificada da amilopectina a interação menor com iodo resulta em uma coloração avermelhada menos intensa (LOUREIRO *et al.*, 2019). Desta forma, o teste histoquímico rápido com lugol pode identificar a presença de amilo e avaliar qualitativamente o teor de amilose e amilopectina em um determinado tipo de alimento.

A grande maioria dos grãos de amilo comerciais sofrem uma modificação em suas características após passarem por processos como desidratação e moagem. Os grãos, quando vistos sob luz polarizadas revelam a cruz de Malta negra marcante, porém, após um dano mecânico, como a moagem, a propriedade de birrefringência é alterada e a cruz de Malta negra pode apresentar-se mais difusa (FLINT, 1996).

Devido às propriedades de solubilização, gelatinização e retrogradação, os grãos de amilo são muito aplicados no sistema alimentar. Essas propriedades resultam das características dos grãos, como o tamanho, a forma, o teor de amilose e amilopectina, bem como a distribuição dessas cadeias e a cristalinidade. Essas características estão relacionadas ao intumescimento dos grãos com a entrada de água e lixiviação de amilose, a perda da estrutura radial associada a birrefringência, a perda da estrutura molecular associada a cristalinidade e a recristalização (MIRANDA *et al.*, 2019).

Os grãos de amilo em seu estado natural têm capacidade limitada de absorver água fria devido à sua estrutura cristalina. O processo de gelatinização consiste no aquecimento dos grãos levando à quebra das pontes de hidrogênio onde os grupos hidroxila da glicose da área cristalina se hidratam e intumescem os grãos irreversivelmente. Devido a fatores como tamanho e teor de amilose e amilopectina, os grãos não aquecem e intumescem ao mesmo tempo. Grãos maiores aquecem e intumescem mais rapidamente que os grãos menores e, como a liberação de amilose permite que o grão aquecido gelifique, os que possuem alto teor de amilose requerem uma temperatura maior para gelatinizar (FLINT, 1996).

Com este processo, os grãos perdem as características diagnósticas de identificação, como hilo e o sistema estratificado com estrias, devido a fusão das moléculas no interior dos grãos, organizadas na forma de anéis em camadas cristalinas e amorfas, levando à perda da organização molecular da camada cristalina e, conseqüentemente, da propriedade de birrefringência, não sendo mais possível revelar a cruz de Malta negra sob luz polarizada (DENARDIN; SILVA, 2009).

Quando o amilo aquece acima do ponto de gelatinização, as moléculas vibram vigorosamente, as pontes de hidrogênio continuam se rompendo, os grãos continuam intumescendo até se romperem e apresentarem uma aparência de grãos colapsados (FLINT, 1996).

Nas análises periciais em microscopia é importante que a equipe de analistas entenda o processo de gelatinização descrito e perceba as alterações na morfologia dos grãos de amilo descritas, uma vez que as amostras de alimentos analisadas possuem grãos alterados ou até mesmo ausentes devido ao processamento.

No apêndice desta obra encontra-se uma tabela (ver página 165) com um resumo das principais características diagnósticas para identificação dos grãos de amido e féculas, bem como a temperatura de gelatinização de cada espécie vegetal descrita.

METODOLOGIA

Nesta obra, foram descritas as características diagnósticas, por meio do estudo morfológico em laboratório analítico, de grãos de amidos e féculas de 15 (quinze) espécies vegetais, sendo uma espécie com 3 (três) variedades e uma espécie com 2 (duas) variedades, totalizando 18 (dezoito) tipos de grãos, entre amidos e féculas mais comuns do comércio.

As amostras de farináceos, grãos, tubérculos e raízes utilizados para descrição, obtidas no comércio do Rio de Janeiro, foram processadas no Laboratório de Farmacobotânica da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e no Laboratório de Saúde Pública do Rio de Janeiro (LASP) do IVISA-RIO.

Para tanto, as amostras provenientes do comércio no Rio de Janeiro (RJ) foram homogeneizadas e observadas em triplicata, sendo montadas em lâminas de vidro com glicerina 50% e observadas em microscopia de luz.

Para observar as características dos grãos gelatinizados, as lâminas foram aquecidas em placa aquecedora (IKA® C-MAG HS7) até a temperatura¹ adequada para cada espécie.

As imagens foram obtidas do microscópio óptico Zeiss Axio Scope A1, em campo claro e com luz polarizada, com equipamento fotográfico acoplado.

Os nomes científicos das ordens, famílias e espécies vegetais foram revisados online em WFO – World Flora Online (2022) e MOBOT (2023). Cabe ressaltar que analistas de alimentos, quando trabalhando com material botânico, devem sempre consultar os nomes científicos atualizados, contrapondo-os com os descritos nos rótulos e embalagens.

¹ Tabela com a descrição da temperatura de gelatinização das diferentes espécies vegetais disponível no Apêndice, pág. 165.



1. ORDEM POALES



FICHA DESCRITIVA

		<u>Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)</u>
		<u>Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)</u>
Ordem	Família	<u>Centeio (<i>Secale cereale</i> L.)</u>
Poales	Poaceae (Gramineae)	<u>Cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)</u>
		<u>Milho (<i>Zea mays</i> L.)</u>
		<u>Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)</u>

Ordem Poales

É uma ordem de plantas com caracteres morfológicos e filogenéticos que integram o clado das Monocotiledôneas². São plantas herbáceas, maioritariamente perenes, frequentemente graminoides. Pertencem a esta ordem cerca de 17 (dezesete) famílias com 997 gêneros e aproximadamente 19.500 espécies (JUDD *et al.*, 2009; MOBOT, 2023).

Família Poaceae (Gramineae)

A família de plantas Poaceae são ervas rizomatosas ou lenhosas, perenes ou anuais, com caule cilíndrico ou achatado, semelhantes à grama. As folhas são alternas dísticas, raramente espiraladas, bainha aberta, com nervuras paralelinérveas³, com lígula entre a bainha e o limbo. O fruto do tipo cariopse apresenta semente rica em amido e geralmente aderida completamente à parede interna do fruto (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

A família Poaceae (Gramineae) possui distribuição cosmopolita com aproximadamente 700 gêneros e integra o maior número de espécies, cerca de 10.000. No Brasil, ocorrem aproximadamente 180 gêneros e 1.500 espécies com grande importância econômica, pois, além das espécies utilizadas como ornamentais e medicinais, muitas espécies constituem uma importante base alimentar para a população mundial (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

Os cereais pertencentes a esta família são cultivados por seus frutos comestíveis chamados de grãos ou cariopses. A palavra grão passou a ser atribuída também a sementes e outros frutos pequenos de forma arredondada produtores de amido, podendo ser transformados em farinhas ou farelos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

As espécies de maior interesse econômico com concentrações significativas de amido descritas neste manual são: arroz (*Oryza sativa* L.), aveia (*Avena sativa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.).

2 Grupo de plantas das Angiospermas (cerca de 22% das espécies), constituindo um clado reconhecido e bem caracterizado. São plantas herbáceas em geral, com ramificação simpodial. Na maioria das vezes não forma raiz primária, mas, sim, raízes uniformes de origem caulinar. As folhas, na maioria das vezes, possuem nervação paralela, os grãos de pólen são monossulcados e as plântulas tem apenas um só cotilédone (BRESINSKY *et al.*, 2012).

3 Quando duas ou mais nervuras secundárias, igualmente espessadas, seguem paralelamente (de forma não arqueada ou muito levemente arqueada) a nervura central, somente encontrando-se no ápice (ALMEIDA; ALMEIDA, 2018.)

1.1 ARROZ (*Oryza sativa* L.)

O arroz é o segundo cereal mais cultivado do mundo, em regiões temperadas tropicais e quentes em baixas altitudes, consumido basicamente na forma de grãos descascados e polidos. É considerado pela Organização Mundial de Alimentação e Agricultura (FAO) o principal alimento para mais da metade da população mundial. O arroz tem maior parte de sua produção nos países asiáticos, seguido pelos continentes americano, africano, europeu e oceânico. No Brasil, a produção de arroz ocupa o nono lugar que corresponde a 1,5% da produção mundial (SILVA *et al.*, 2019; WFO, 2023).

A parte usada desta espécie é a cariopse ou grão. Além do consumo em grãos, observa-se o consumo de farinha de arroz obtida a partir da moagem do grão polido, isento da casca, e da farinha de arroz integral obtida pela moagem do grão inteiro. A farinha de arroz não contém glúten⁴, sendo altamente desejável aos consumidores portadores da doença celíaca, e, devido a fácil digestão, é utilizada na fabricação de produtos infantis, para idosos e algumas pessoas com deficiência e/ou necessidades específicas. O farelo de arroz que corresponde à película externa da parte comestível do grão, devido a estudos recentes evidenciando seu valor nutritivo, tem sido empregado no preparo de inúmeros alimentos industrializados e no preparo de merenda escolar (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O arroz é constituído principalmente por amido com quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Devido a variações ambientais, de manejo, de processamento, de armazenamento e de fatores genéticos, essa composição sofre variações, produzindo grãos com diferentes características nutricionais. O teor de amilose é considerado um parâmetro importante para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz, pois grãos com maior teor de amilose apresentam textura mais firme após o cozimento, sendo preferidos em diversos países, como no Brasil. Além da grande influência nutricional, os grãos com maior concentração de amilose resultam em menor resposta glicêmica e insulinêmica, sendo interessante para consumidores em tratamento de diabetes (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

4 Para mais informações sobre o glúten, ver pág. 62.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE ARROZ

Os grãos de amido de arroz são muito pequenos, medem em média de 2µm a 8µm, de formato poligonal com muitos ângulos e lados, semelhantes aos grãos de amido de aveia, porém menores. Em sua maioria, formam estado agregado de pequenos blocos irregulares com grãos justapostos e, mais raramente, em estado isolado, principalmente em produtos manufacturados. Apresentam o hilo central pontuado pouco perceptível e o sistema estratificado de estrias não perceptível. Apresentam a cruz de Malta negra sob luz polarizada devido a propriedade de birrefringência dos grãos.

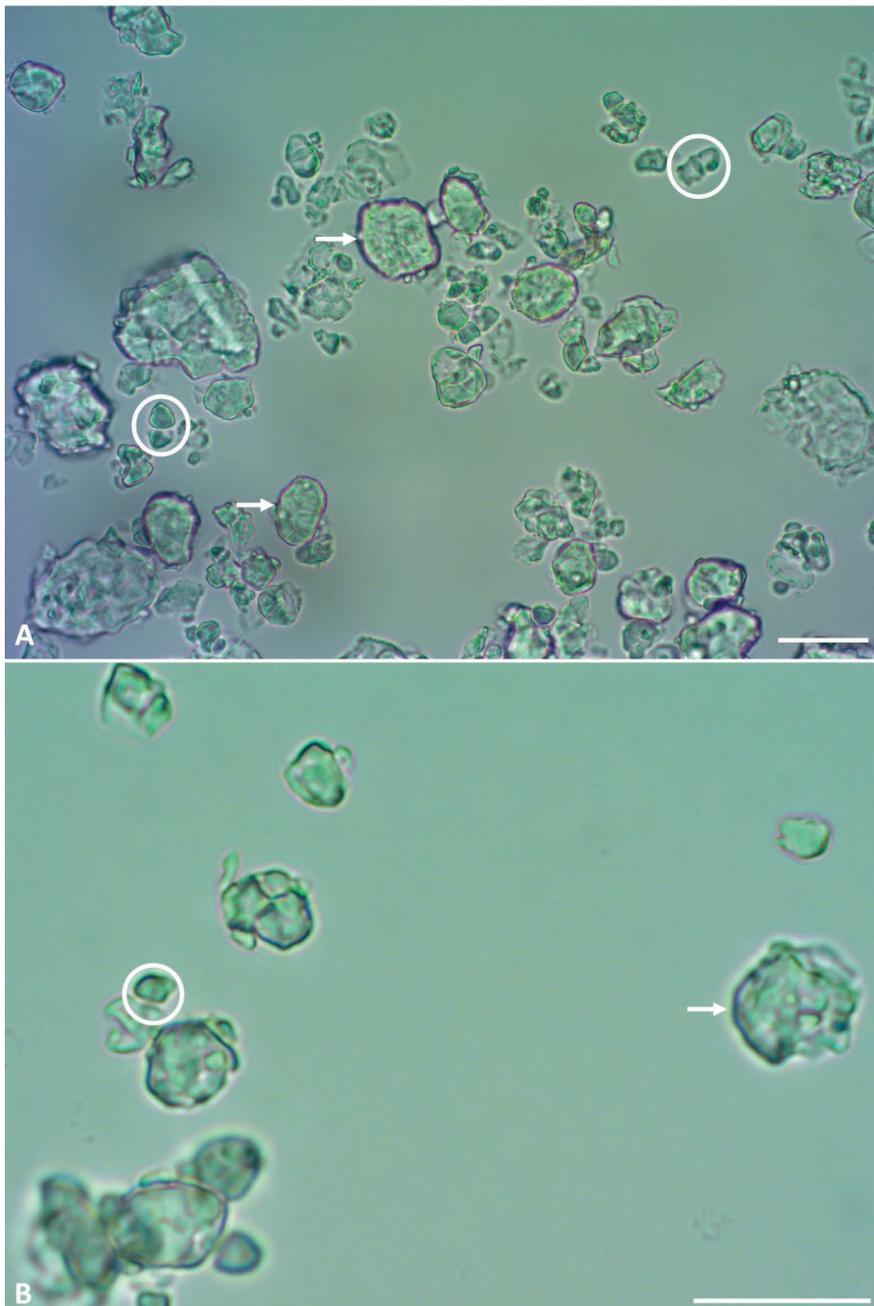


Figura 1. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares de grãos justapostos maiores (seta) e menores (círculo). Escala: (A, B) = 20 µm

Nas imagens A e B da figura 1, observam-se os grãos de amido de arroz justapostos formando blocos irregulares maiores (seta) e menores (círculo). Observa-se na imagem A uma quantidade maior de blocos mais agrupados, sendo a forma mais comum de aparecerem, embora também apareçam mais espaçados, como na imagem B.

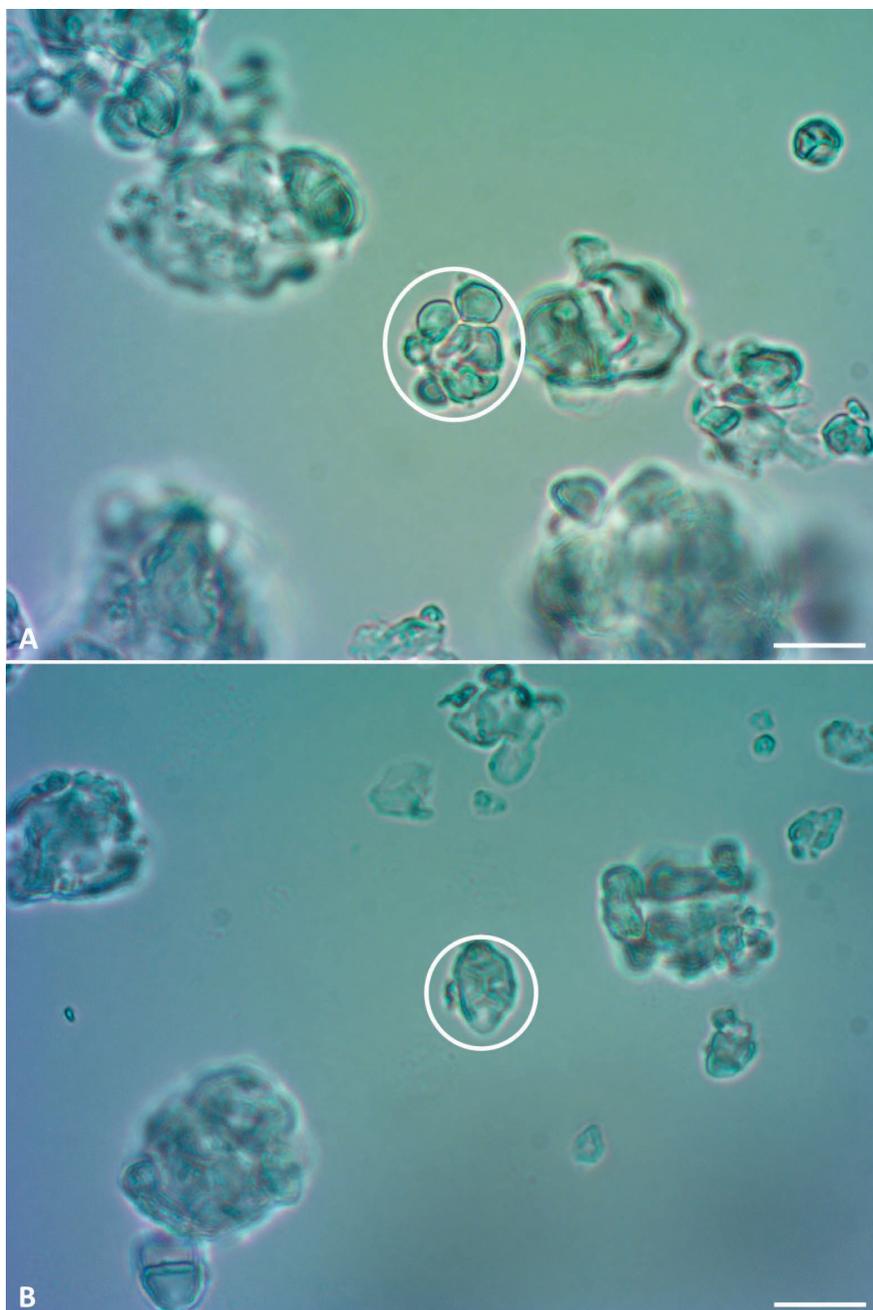


Figura 2. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares de grãos justapostos de tamanhos variados (círculo). Escala: (A, B) = 10 μ m

Embora para se obter na microscopia uma visualização geral do campo seja recomendado iniciar a visualização em aumento de 20x, um maior aumento se faz necessário para perceber as características diagnósticas das diferentes espécies botânicas, principalmente em casos onde os grãos são pequenos. Nas imagens A e B da figura 2, em maior aumento, observa-se de forma nítida o contorno do formato dos blocos irregulares de grãos justapostos (círculo).

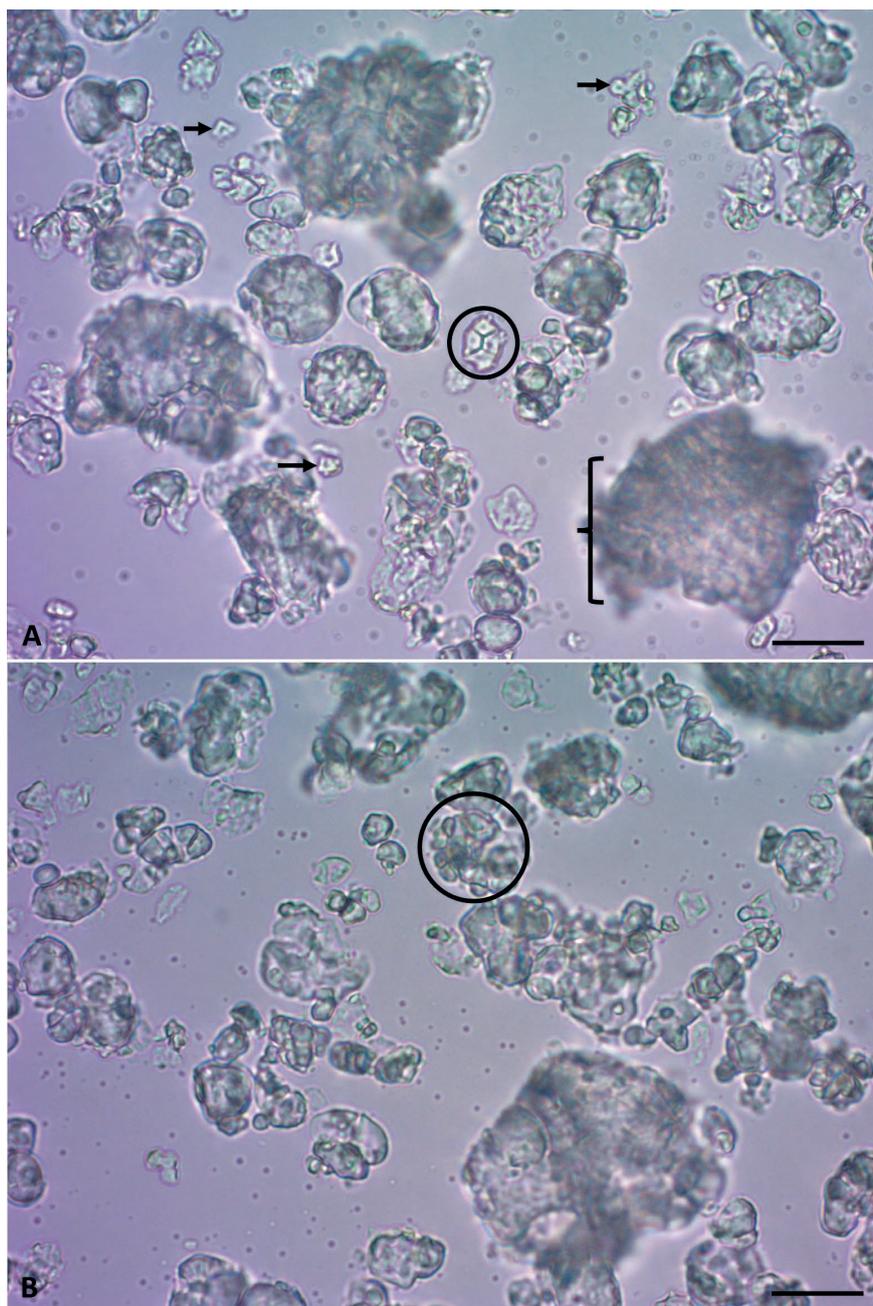


Figura 3. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares de grãos justapostos (círculo), bloco fora de foco (chave) e grãos isolados, mais raros (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 3, observam-se grãos de amido de arroz em pequenos blocos irregulares (círculo) e grãos isolados, mais raros (seta), de formato poligonal e hilo central pontuado; essas características não são observadas no bloco fora de foco (chave). Na imagem B, embora seja possível visualizar o contorno dos blocos irregulares, nesta variação de foco o contorno dos grãos justapostos e o hilo não são perceptíveis.

Dica: no momento da análise, num mesmo campo pode-se focar com nitidez alguns blocos e outros permanecerem fora de foco, evidenciando que ajustar o foco para visualizar as características diagnósticas que se deseja é uma etapa fundamental do processo na microscopia.

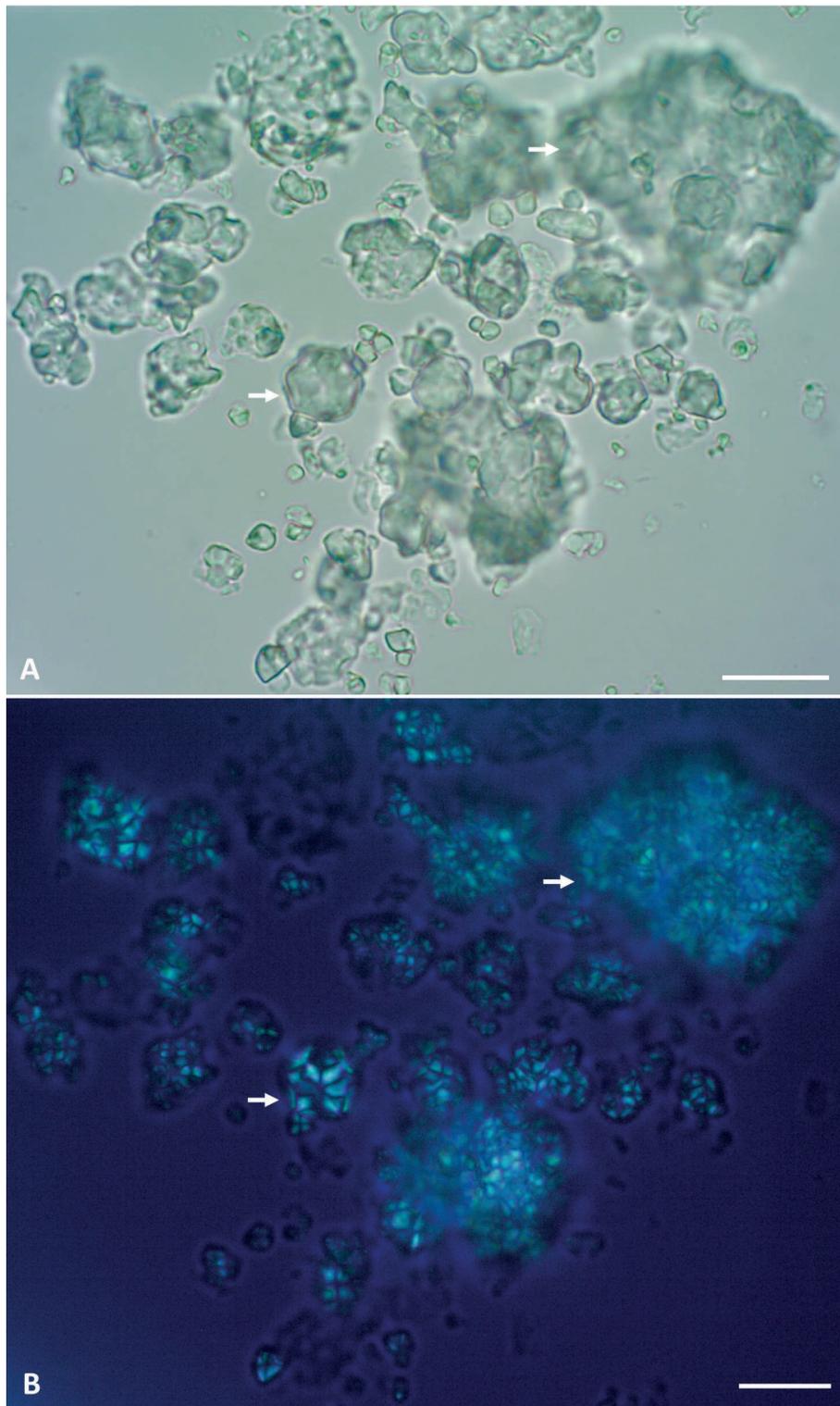


Figura 4. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A) Blocos irregulares de grãos justapostos em diferentes focos (seta). **(B)** Sob luz polarizada, grãos revelam cruz de Malta negra (seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

Observam-se na imagem A da figura 4 blocos irregulares de grãos justapostos em diferentes focos (seta), sendo apresentado na imagem B o mesmo campo sob luz polarizada, revelando a cruz de Malta negra devido a propriedade de birrefringência. Esta propriedade é extremamente relevante para evidenciar a presença de amido, pois, mesmo em diferentes focos como observado nas imagens, a cruz de Malta negra é revelada sob luz polarizada.

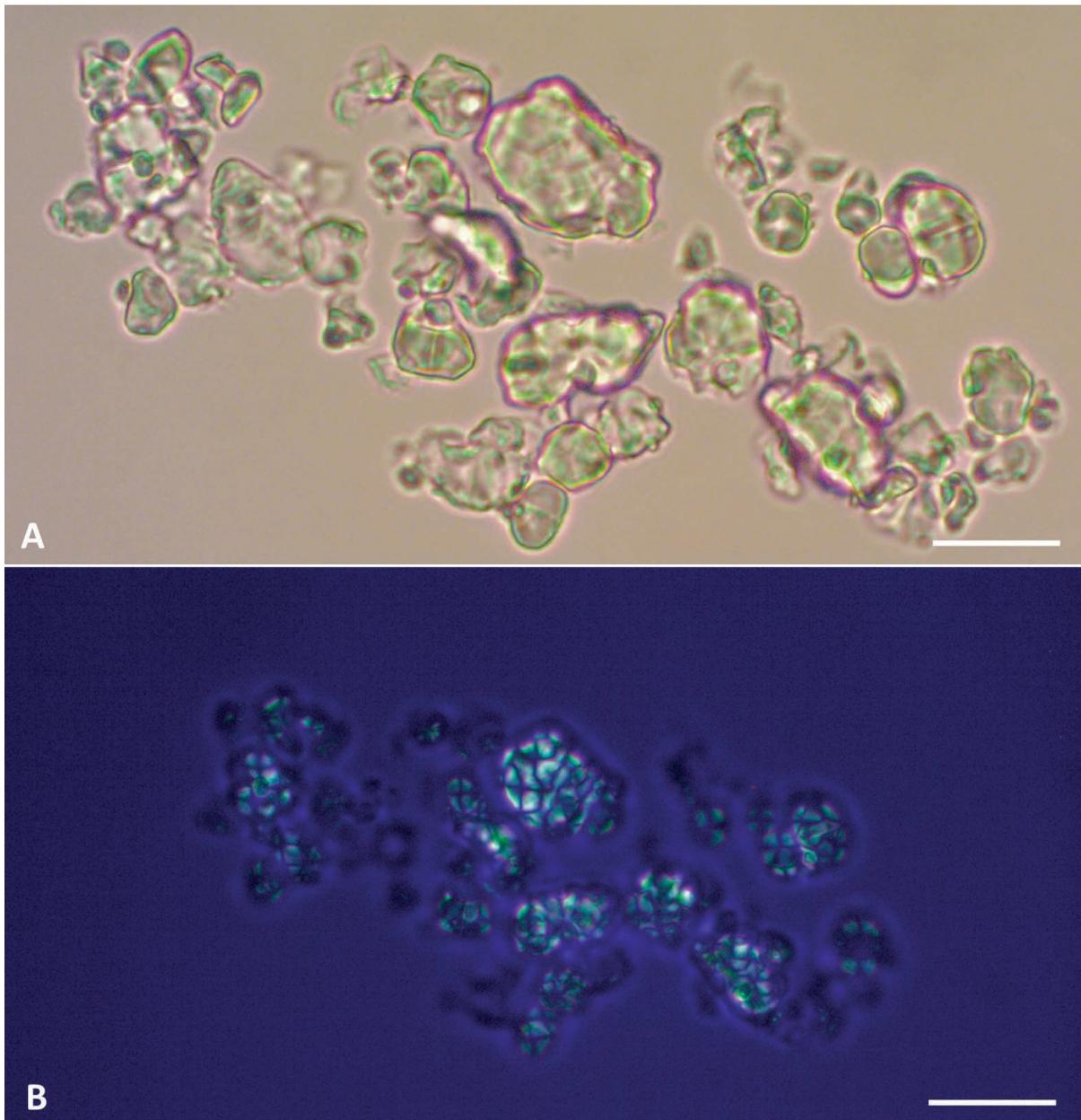


Figura 5. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A) Blocos irregulares de grãos justapostos em diferentes focos. **(B)** Sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens da figura 5, observam-se o mesmo campo em luz clara, com blocos irregulares de grãos justapostos em diferentes focos, e sob luz polarizada. As características diagnósticas dos grãos não aparecem em luz clara a depender do foco, porém, sob luz polarizada, refrangem e revelam a cruz de Malta negra, evidenciando a presença de amido.

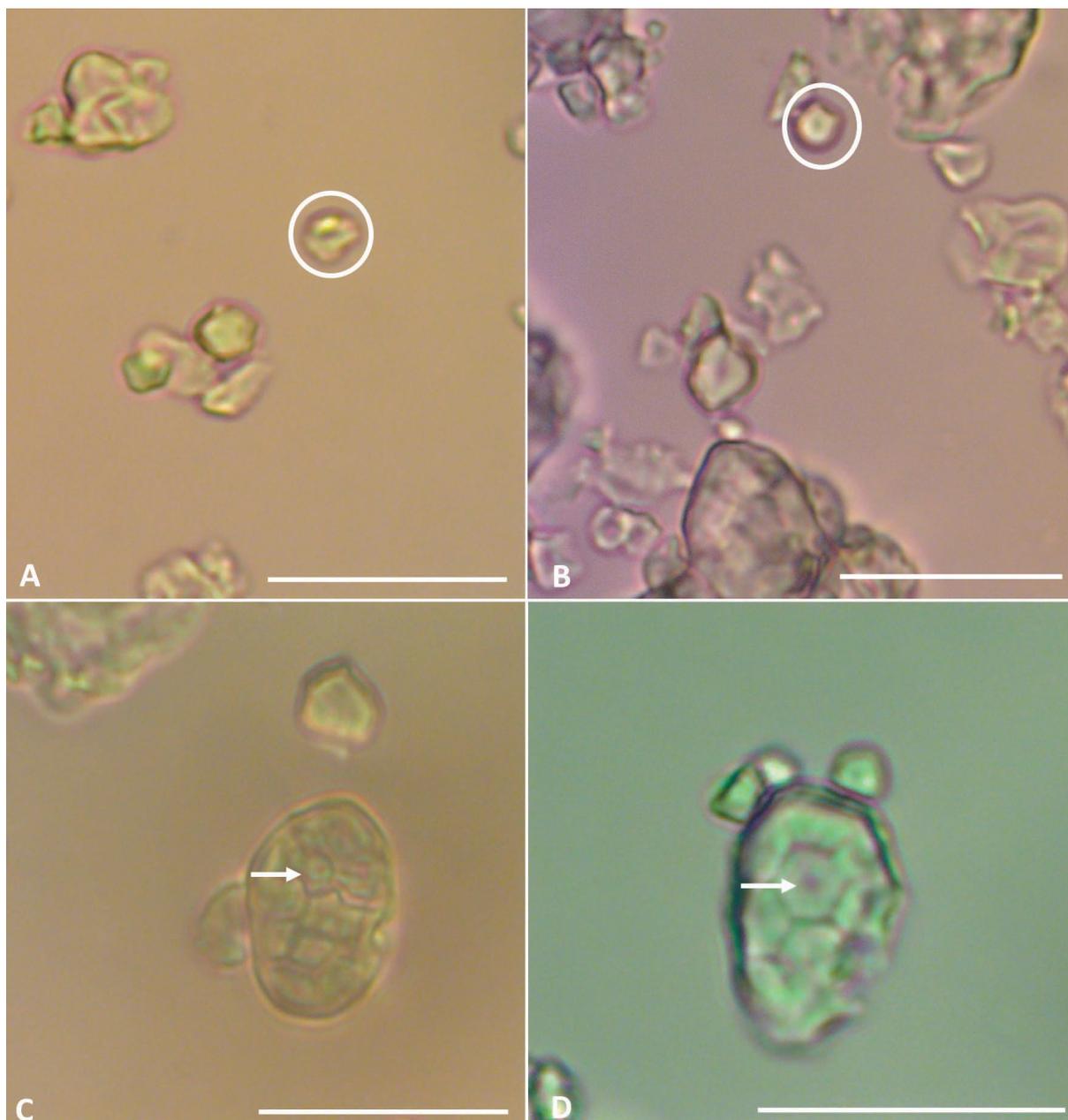


Figura 6. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares de grãos justapostos e isolados, mais raros (círculo) de formato poligonal com hilo central pontuado. **(C-D)** Blocos irregulares de grãos justapostos com contorno evidente dos grãos com hilo central pontuado (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se com mais detalhes as características diagnósticas dos grãos nas imagens da figura 6. As imagens A e B apresentam grãos isolados, mais raros (círculo), pequenos, de formato poligonal com muitos ângulos e lados; é possível perceber, mesmo que de forma sutil, o hilo de formato pontuado no centro. As imagens C e D apresentam blocos irregulares de grãos justapostos, sendo possível observar o contorno e o hilo central pontuado (seta) em grande parte dos grãos.

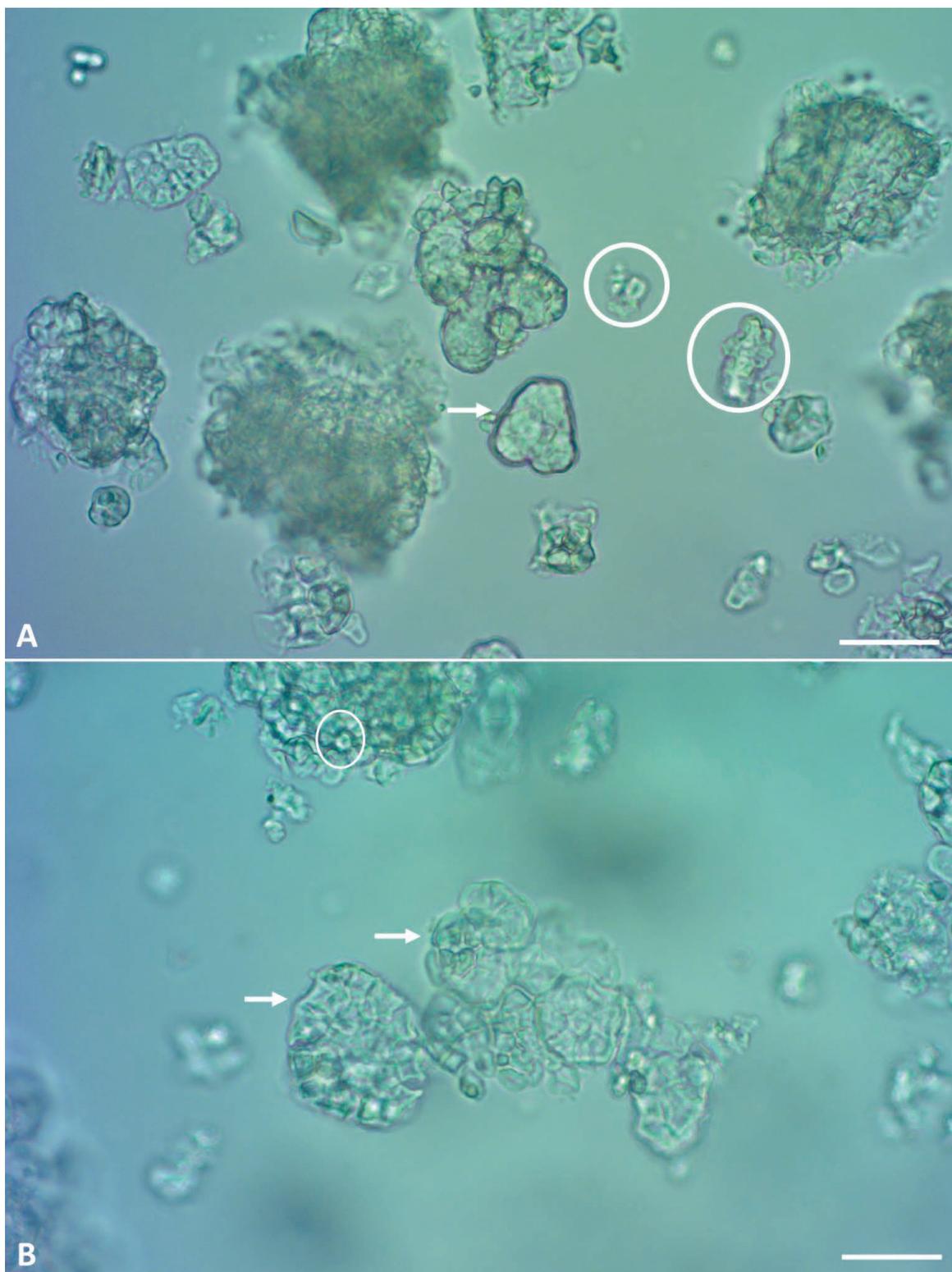


Figura 7. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.) em processo de gelatinização. (A-B) Blocos irregulares de grãos justapostos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Os grãos de amido perdem as características diagnósticas com o aquecimento, o processo de gelatinização. Observam-se nas imagens A e B da figura 7 blocos irregulares de grãos justapostos ainda inalterados (círculo) com as características diagnósticas preservadas, e outros grãos iniciando o intumescimento e gelatinizando, perdendo as características diagnósticas (seta).

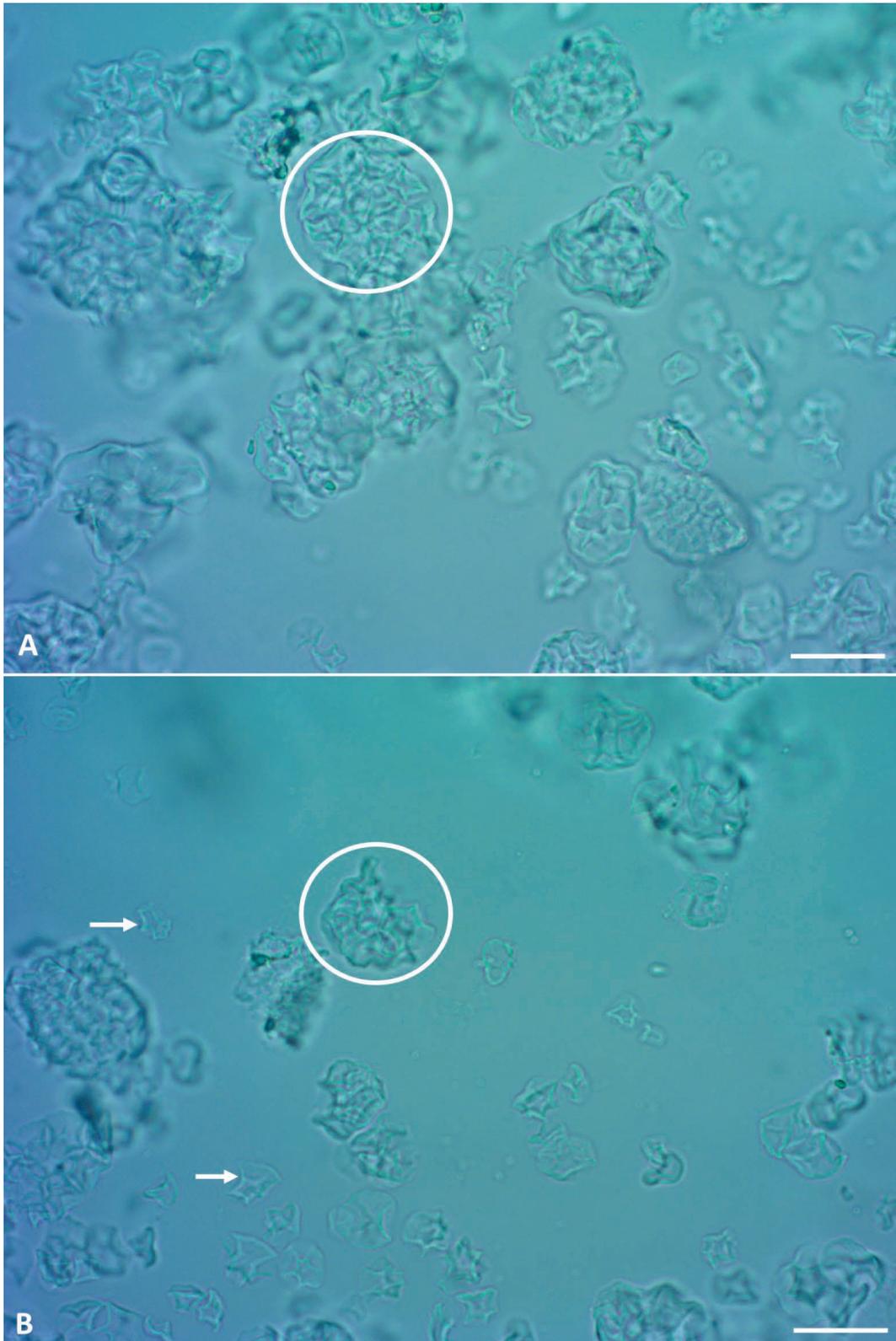


Figura 8. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.) gelatinizados. (A-B) Blocos de grãos justapostos (círculo) e grãos isolados, mais raros (seta) intumescidos e gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens da figura 8, observam-se os blocos irregulares de grãos justapostos (círculos) e os grãos isolados, mais raros (setas), gelatinizados com perda total da morfologia típica de identificação.

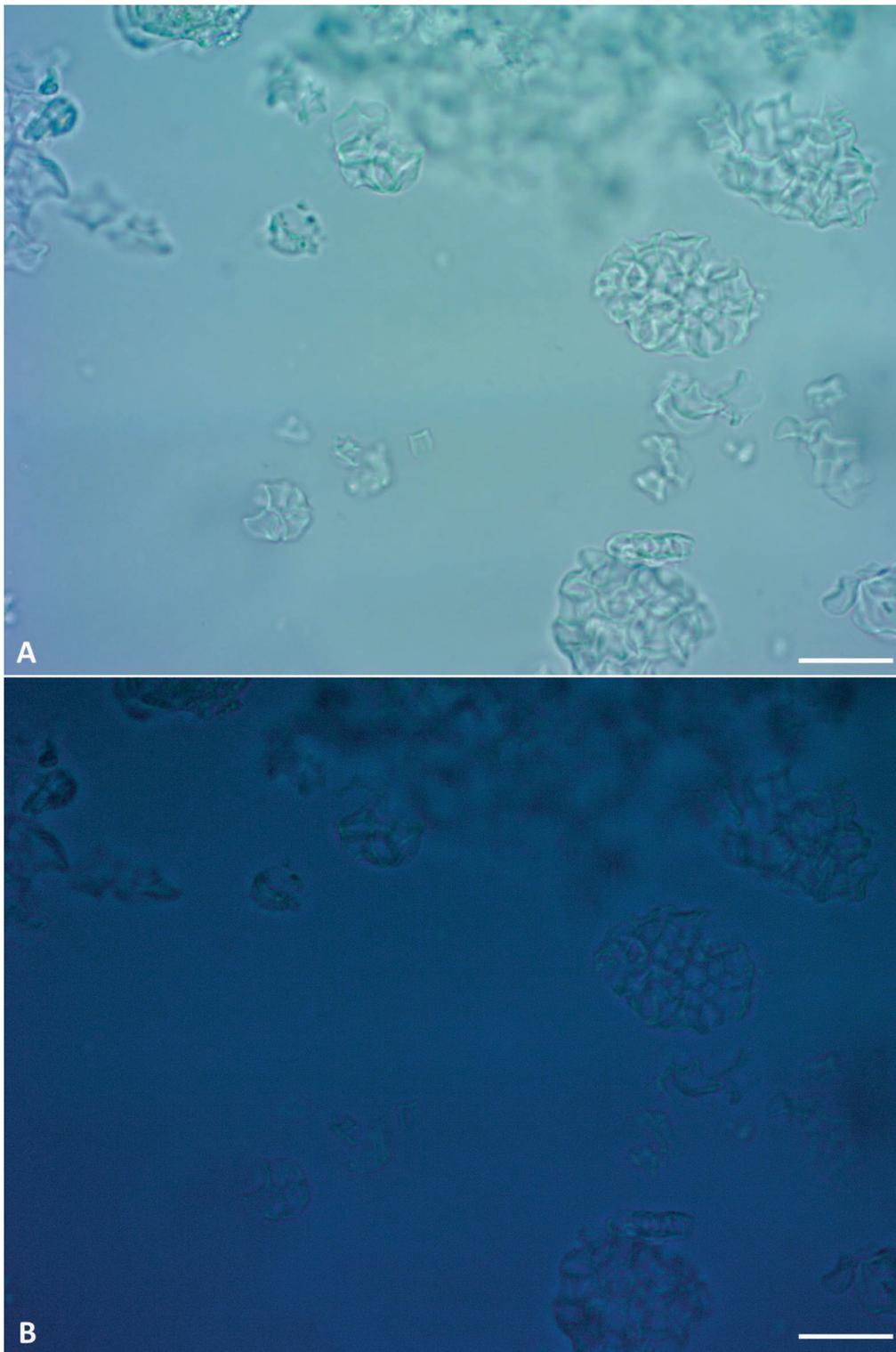


Figura 9. Grãos de amido de arroz (*Oryza sativa* L.) gelatinizados. (A) Blocos de grãos justapostos gelatinizados em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, grãos gelatinizados não revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μm

A característica de propriedade de birrefringência que revela a cruz de Malta negra sob luz polarizada também é perdida com a gelatinização. Na imagem A da figura 9, observam-se os grãos gelatinizados em campo claro; e na imagem B sob luz polarizada a cruz de Malta negra não é revelada.

1.2 AVEIA (*Avena sativa* L.)

O maior produtor de aveia do mundo é a Rússia, seguido por Canadá, Polônia, Finlândia, Austrália e Reino Unido. É um cereal nativo da Europa, introduzido no Brasil no sul dos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Paraná devido a exigência quanto a temperatura para o cultivo. Em 2019, o Brasil foi o sétimo maior produtor mundial com uma colheita de 900 mil toneladas, sendo 80% dessa produção nacional proveniente do Rio Grande do Sul (AGRO-SABER, 2021; WFO, 2023).

A parte usada desta espécie é cariopse ou grão; é um alimento com alto poder benéfico das fibras solúveis, relacionadas a um bom funcionamento intestinal e redução dos níveis de colesterol total, diferenciando-a de outros cereais (AGROSABER, 2021).

A aveia é consumida na forma de grãos, farinha, farelo e flocos. A farinha é obtida pela moagem do grão, seguida da padronização por granulometria. O farelo refere-se à casca que envolve o grão acrescido do resíduo de peneiração da farinha. Os flocos são obtidos a partir dos grãos livres de seus envoltórios submetidos a decocção, secagem, laminação e tostagem. Os flocos inteiros são empregados na composição de alimentos, como a granola, na panificação e na produção de barras de cereais. Os flocos médios e pequenos, denominados instantâneos, são empregados em mingaus e sopas e no consumo *in natura* (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE AVEIA

Os grãos de amido de aveia são pequenos, apresentam-se mais comumente sobrepostos em estado agregado, formando blocos circulares de contorno irregular, e medem em média 40µm a 70µm. Grãos isolados, mais raros, medem em média 5µm a 10µm com formato poligonal. Apresentam o hilo central pontuado pouco perceptível e o sistema estratificado de estrias não perceptível. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra. Devido a semelhança com as características dos grãos de amido de arroz, a identificação de diferenciação pelo método de microscopia é um grande desafio.

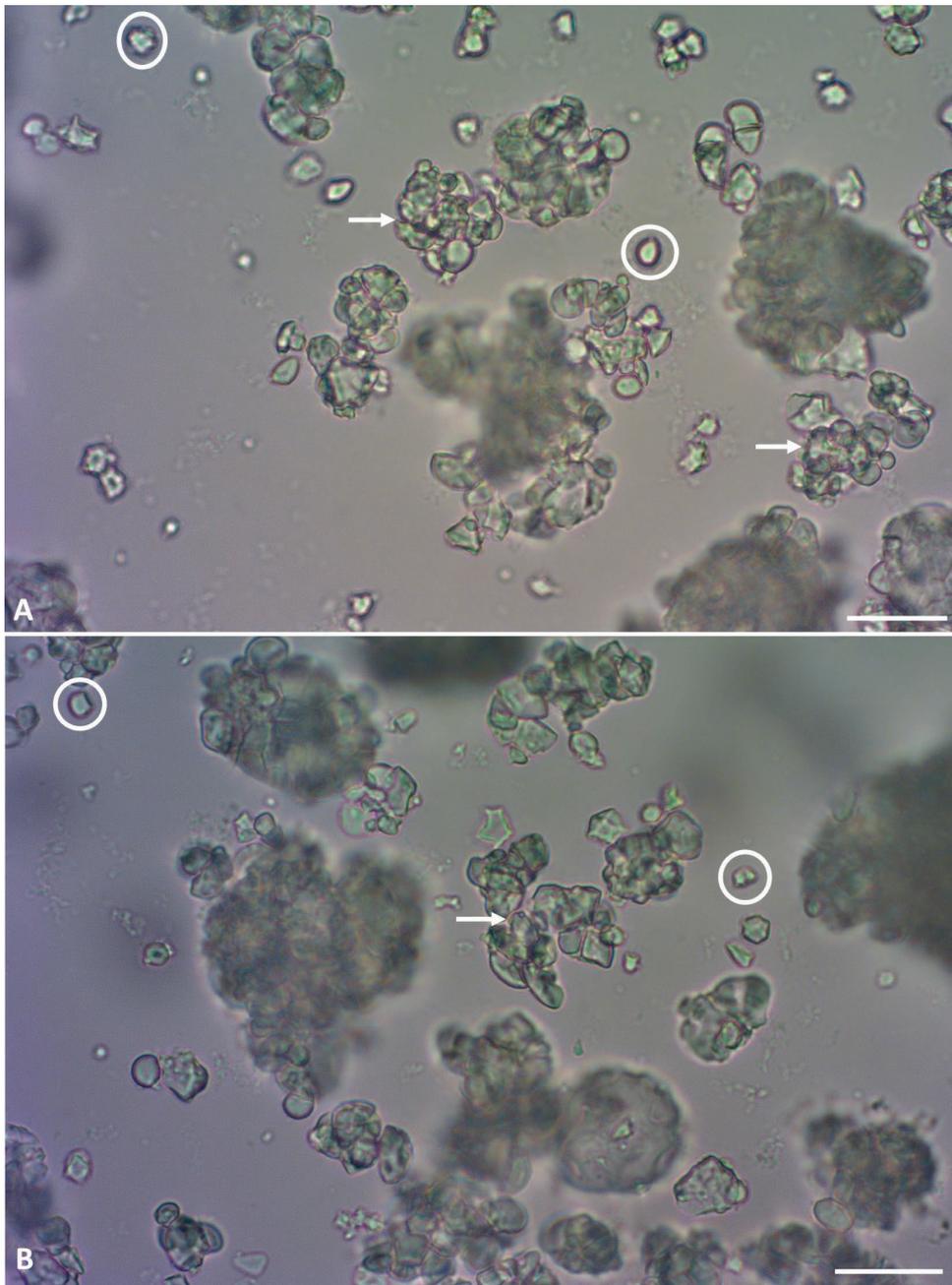


Figura 10. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares formados de grãos sobrepostos (seta) e grãos isolados, mais raros (círculo). Escala: (A, B) = 20 µm

Nas imagens A e B da figura 10, observam-se blocos irregulares (seta) formados de grãos sobrepostos; e grãos isolados, mais raros (círculo), de formato poligonal com hilo central pontuado. Se compararmos com os grãos de arroz, são sutilmente maiores.

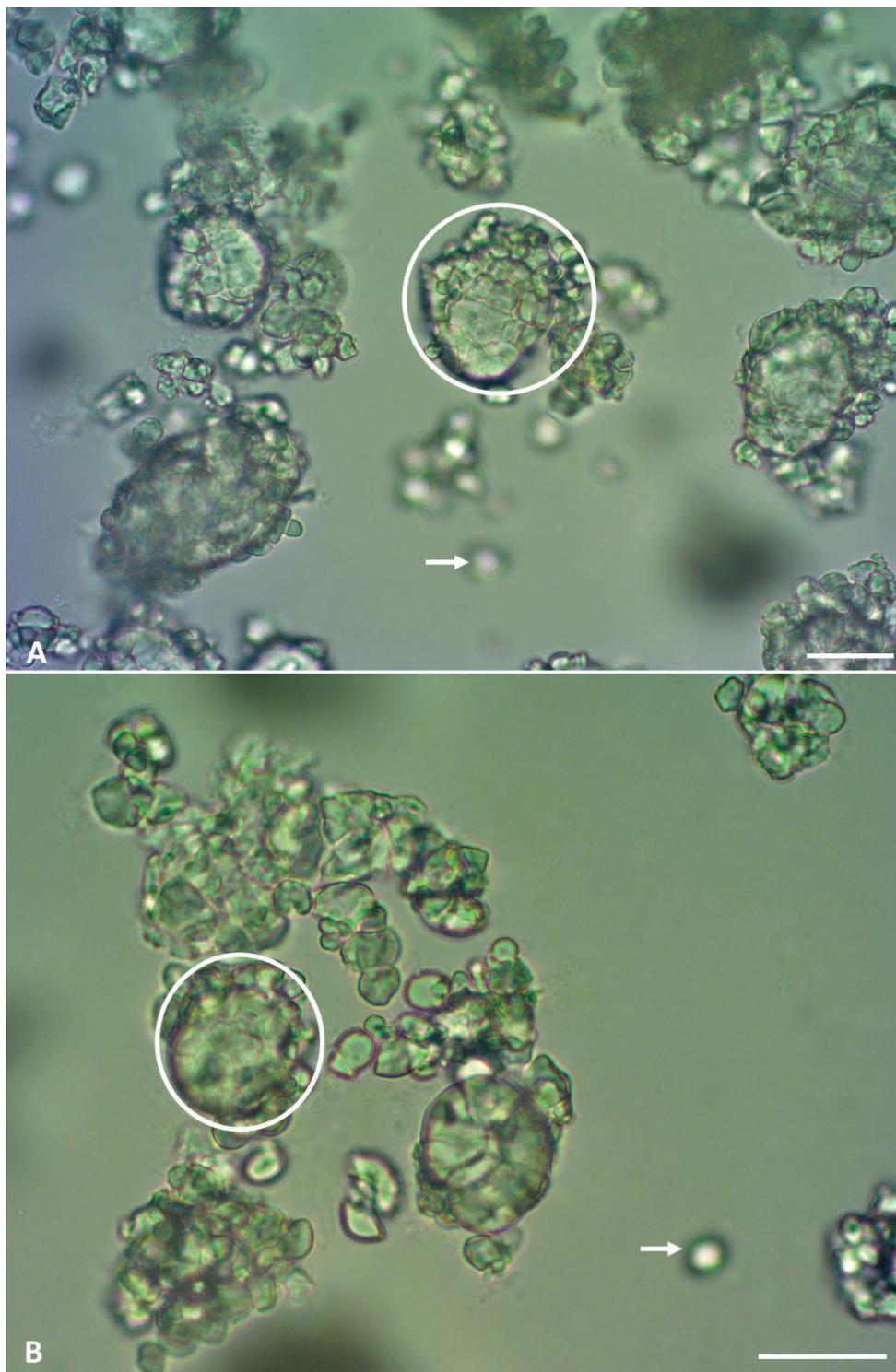


Figura 11. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.). (A-B) Blocos irregulares formados pela sobreposição dos grãos (círculo) e grãos isolados, mais raros, fora de foco (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens ampliadas da figura 11, observam-se, sob foco, os blocos irregulares (círculo) formados pela sobreposição dos grãos; e fora de foco, grãos isolados mais raros (seta).

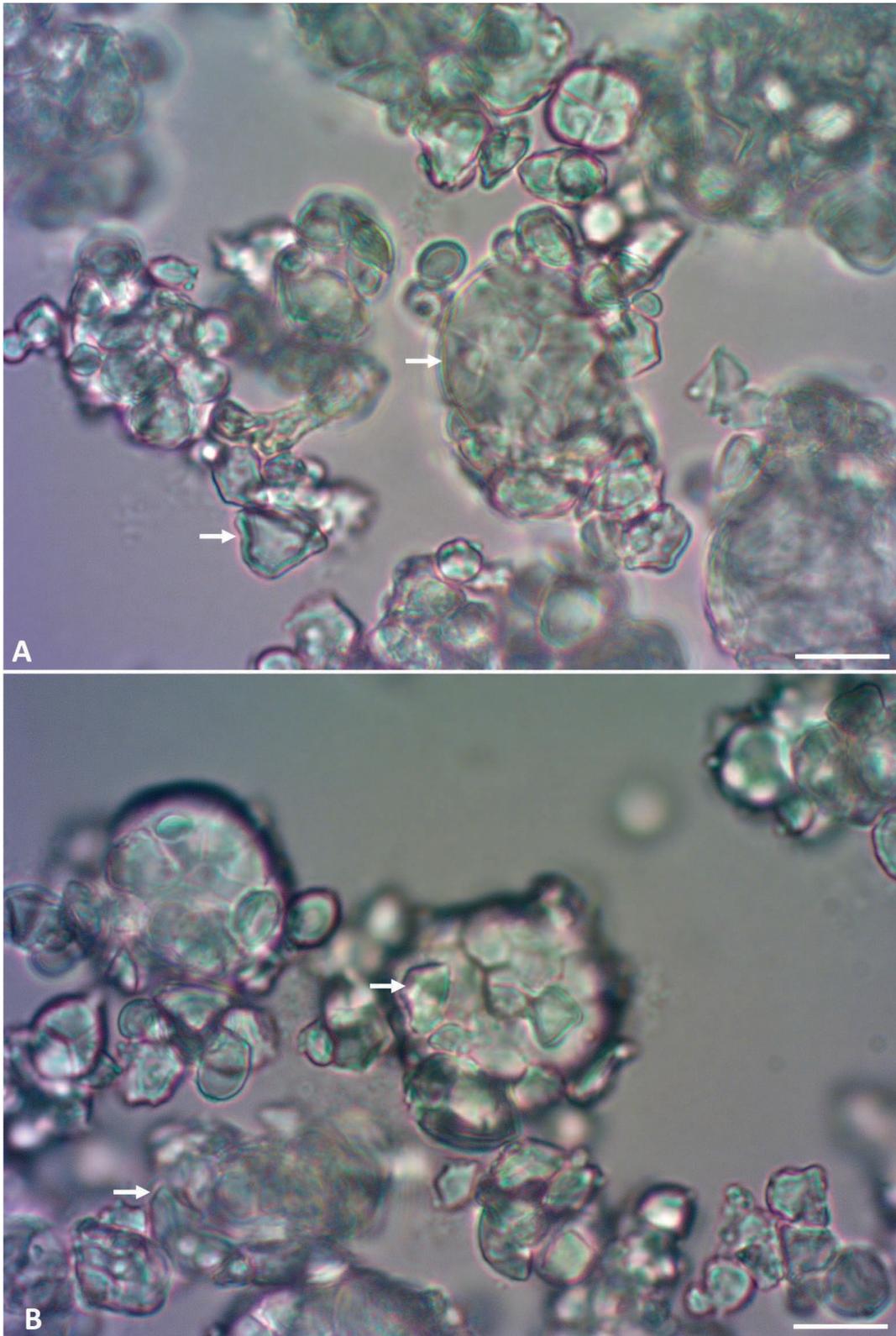


Figura 12. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.) em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Blocos irregulares formados pelos grãos sobrepostos (seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

Nas imagens da figura 12, em lente de maior aumento do microscópio, observam-se o contorno marcante da formação dos blocos circulares de contorno irregular pelos grãos sobrepostos (seta).

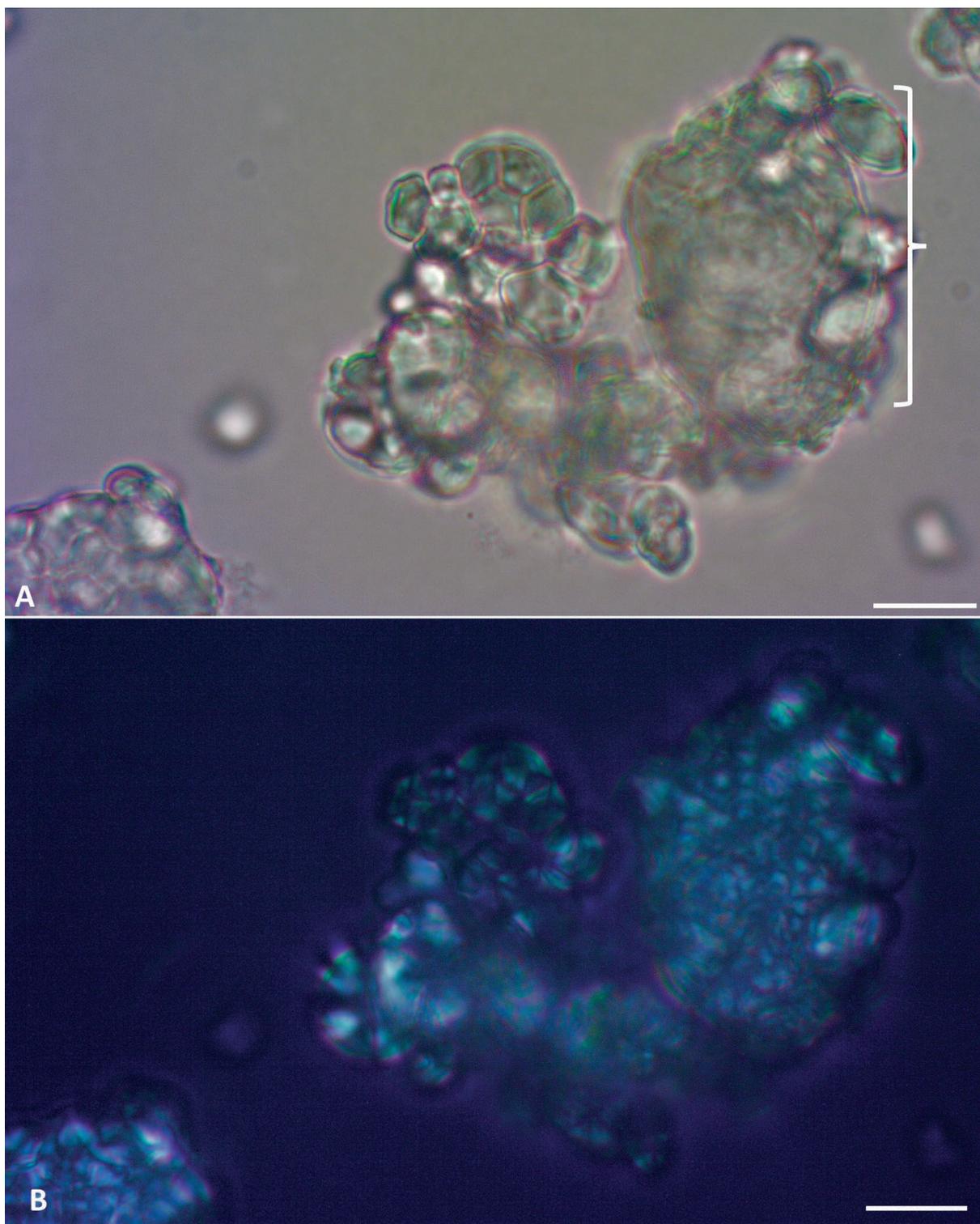


Figura 13. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.). (A) Blocos irregulares (chave) em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 10 μ m

As imagens A e B da figura 13 apresentam mesmo campo. Na imagem A, observam-se blocos circulares de contorno irregular (chave) em campo claro, que podem ser confundidos pelo analista por um tecido ou qualquer outro fragmento, sendo essencial a visualização sob luz polarizada. Na imagem B, sob luz polarizada, a propriedade de birrefringência dos grãos de amido revela a cruz de Malta negra.

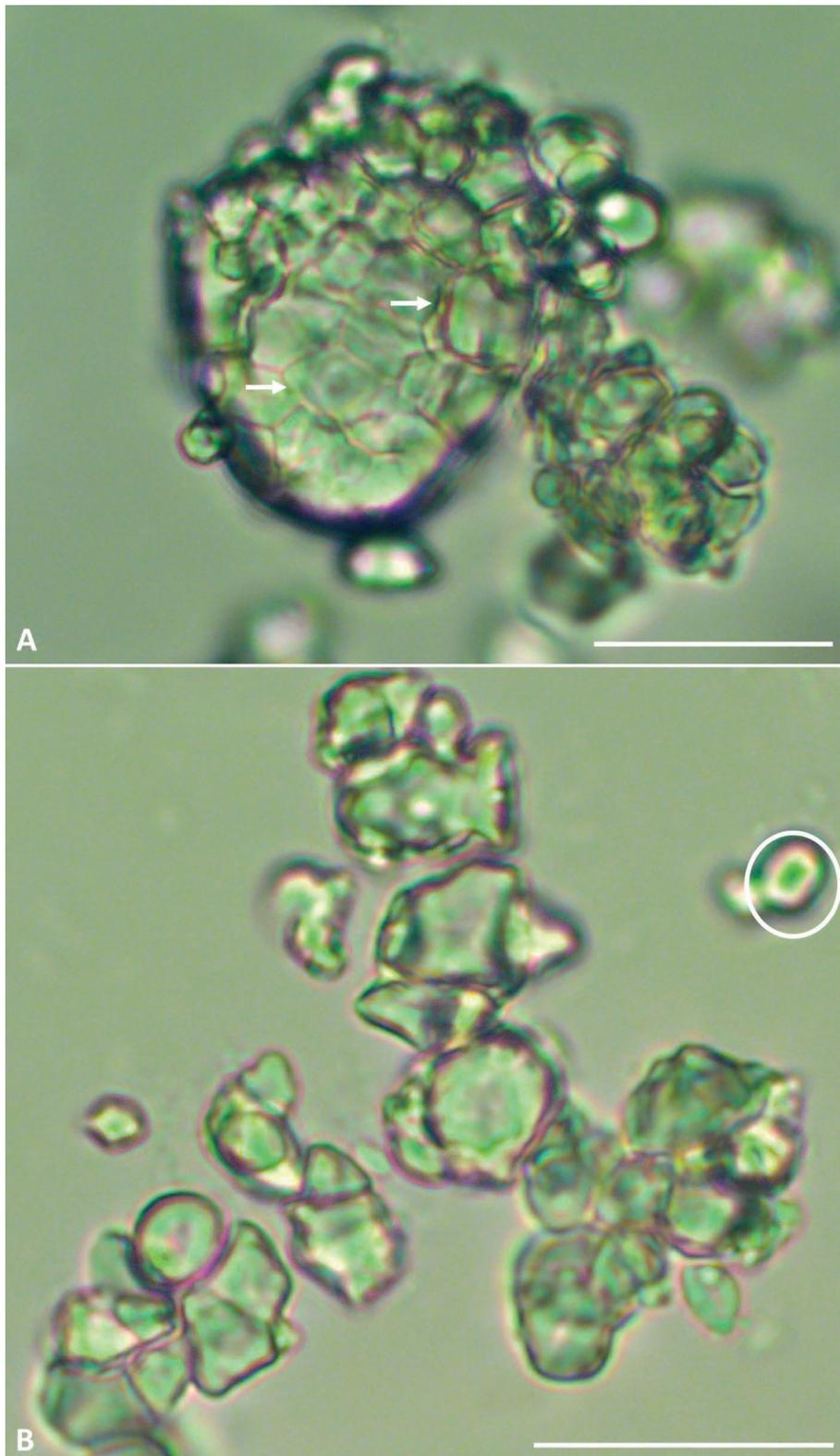


Figura 14. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.). (A) Blocos irregulares formados de grãos sobrepostos com contorno marcante (seta). **(B)** Grão isolado de formato poligonal com hilo central pontuado (círculo). Escala: (A, B) = 20 µm

Na imagem A da figura 14, observam-se nos blocos irregulares formados de grãos sobrepostos, o contorno destes bem marcantes (seta). Na imagem B observa-se um grão isolado, mais raro, de formato poligonal com hilo central pontuado (círculo).

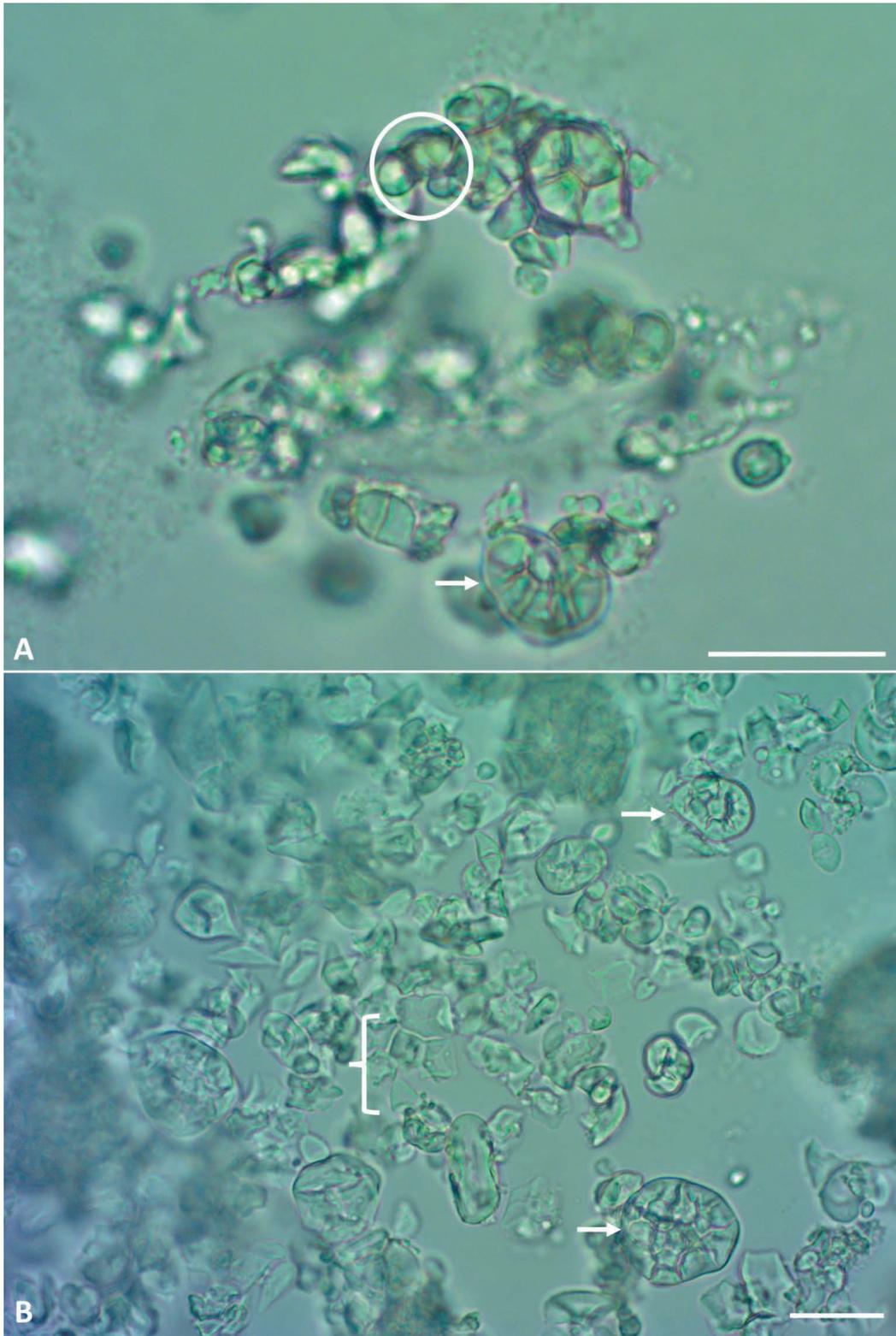


Figura 15. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.) em processo de gelatinização. (A-B) Blocos irregulares com grãos inalterados (círculo), grãos intumescendo (seta) e grãos gelatinizados (chave). Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 15 apresenta o processo de gelatinização. Observam-se nas imagens A e B blocos irregulares de grãos inalterados (círculo) com as características diagnósticas preservadas, grãos intumescendo (seta), sendo possível perceber o contorno de alguns, e grãos gelatinizados (chave) com perda das características diagnósticas.

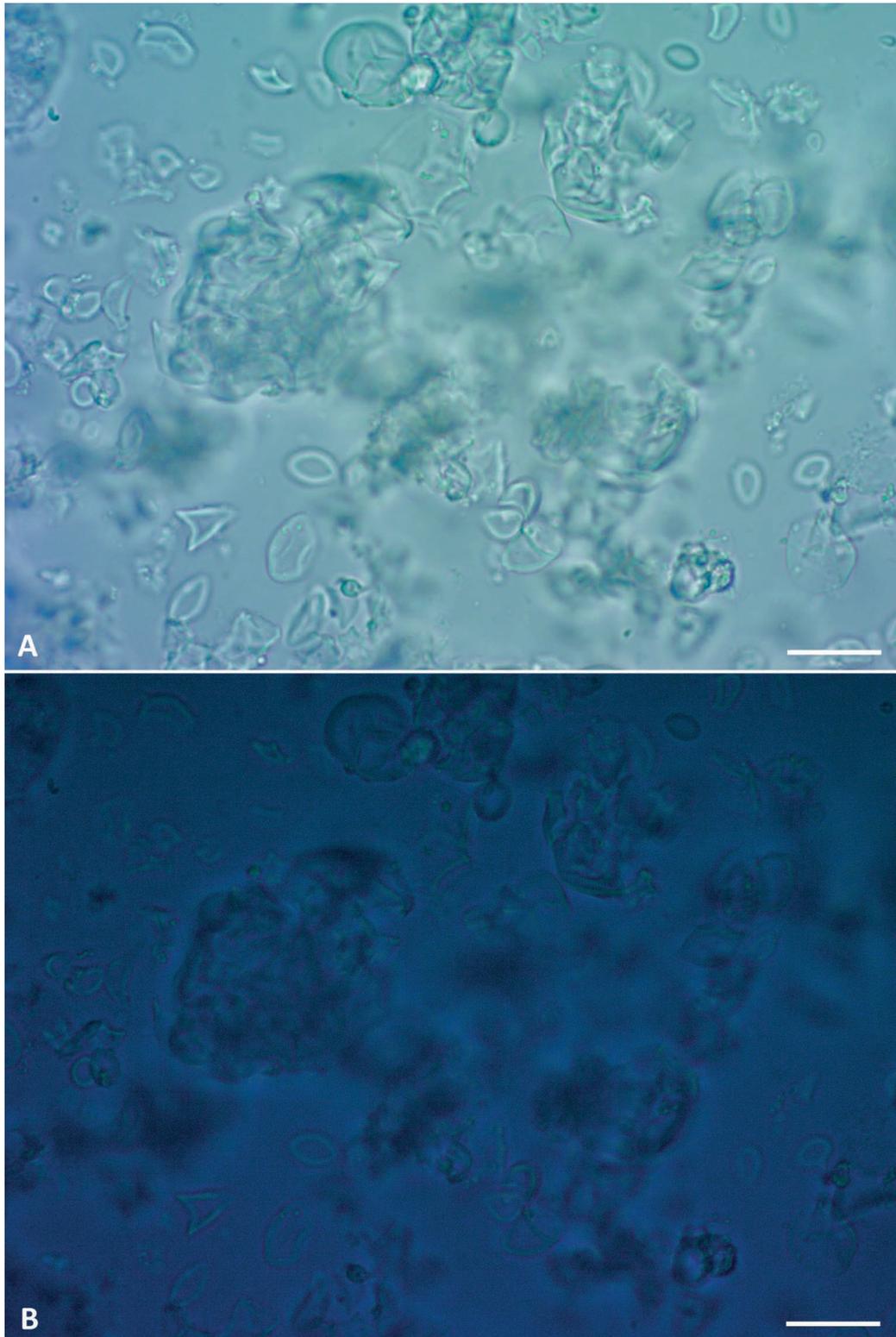


Figura 16. Grãos de amido de aveia (*Avena sativa* L.) gelatinizados. (A) Grãos gelatinizados em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra não aparece. Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 16, observam-se em campo claro os blocos irregulares de grãos gelatinizados com a perda total da morfologia típica para identificação, inclusive da propriedade de birrefringência caracterizada na imagem B pela ausência da típica cruz de Malta negra sob luz polarizada.

1.3 CENTEIO (*Secale cereale* L.)

A origem precisa do centeio é desconhecida, mas acredita-se ser da região Sudoeste da Ásia. Gradualmente alcançou a Europa, sendo trazido às Américas do Norte e Sul durante os séculos XVI e XVII. No século XIX, foi introduzido no Sul do Brasil (Rio Grande do Sul e Santa Catarina), Argentina, Uruguai, Austrália e África do Sul (BUSHUK, 2001; WFO, 2023).

A parte usada desta espécie é a cariopse ou grão. O centeio destaca-se pela resistência de cultivo à baixa temperatura, em regiões de clima seco ou frio, em solos arenosos ou pouco férteis, podendo ser encontrado em lavouras no Círculo Polar Ártico até o extremo sul da América do Sul (BUSHUK, 2001). É cultivado em todo mundo, mas sua produção ocorre majoritariamente no hemisfério Norte. Segundo De Mori *et al.* (2012), no Brasil, foi introduzido por alemães e poloneses, sendo cultivado em solo ácidos e degradados com altitudes acima de 600m.

O centeio foi o oitavo cereal em termos de área colhida e de produção no mundo, representando 0,7% da média do período de 2002-2011. Na década de 1960, esta participação foi de 3,4%, quando o cereal ocupou a sétima posição (DE MORI; NASCIMENTO JUNIOR; MIRANDA, 2012).

O grão de centeio é muito utilizado na fabricação de bebidas alcoólicas, com destaque na produção de uísque canadense ou uísque de centeio, o gin e cervejas. Também consumido em mistura de cereais e na forma de farinha empregados na fabricação de produtos como pães e biscoitos. O pão de centeio tradicional é escuro e ácido. As farinhas de centeio contêm baixo teor de glúten⁵ e possuem proteínas que lhe conferem a capacidade de produzir um pão fermentado nutritivo (FERREIRA *et al.*, 2017).

5 Para mais informações sobre o glúten, ver pág. 62.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE CENTEIO

Os grãos de amido de centeio possuem formato circular, alguns de contorno irregular; e lenticular. Apresentam-se em estado isolado, em uma mistura de grãos de diferentes tamanhos, medindo em média 50µm de diâmetro. Embora sejam semelhantes aos grãos de trigo e cevada, são maiores. Apresentam o sistema de estratificação com estrias concêntricas visíveis e o hilo radiado com 3 (três), 4 (quatro) e 5 (cinco) prolongamentos bem marcantes. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

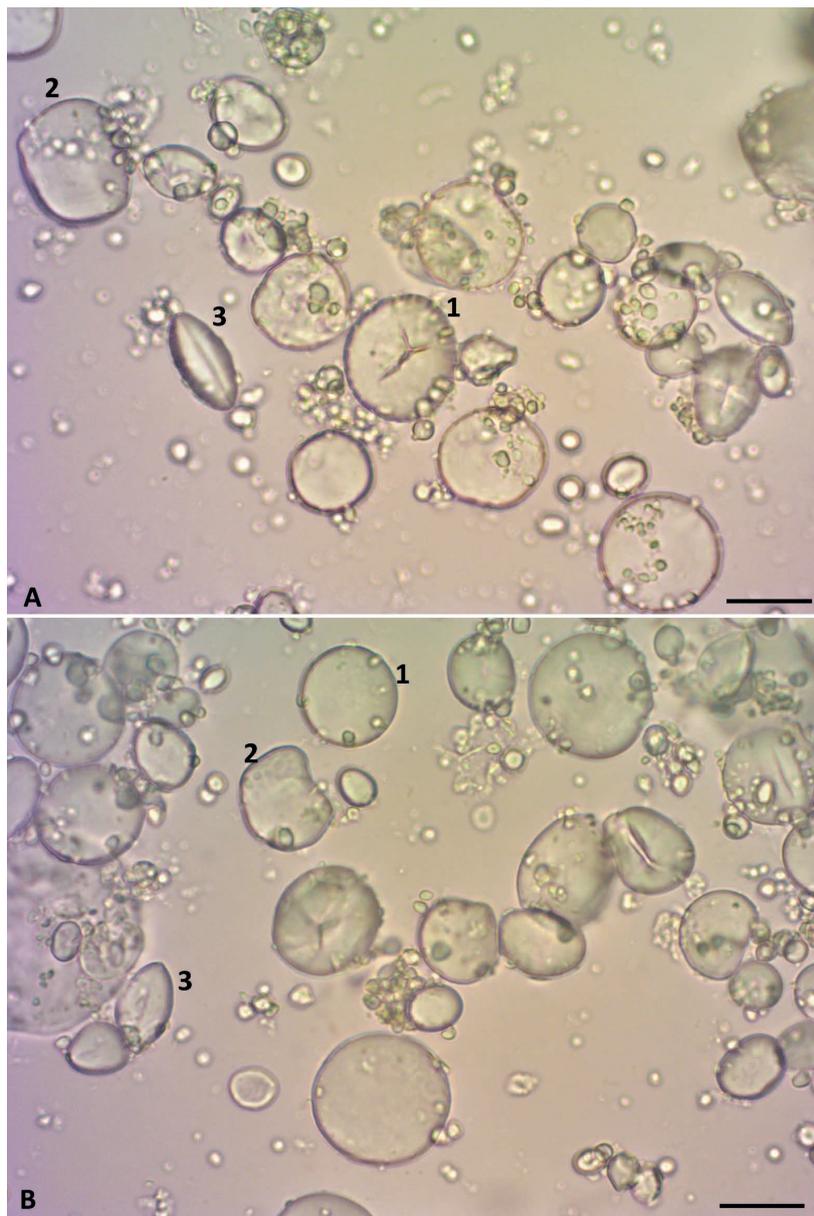


Figura 17. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.). (A-B) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos como circulares (1), de contorno irregular (2) e lenticulares (3). Escala: (A, B) = 20 µm

Nas imagens A e B da figura 17, observam-se uma mistura de grãos de amido de centeio de diferentes tamanhos e formatos, como circulares (1), de contorno irregular (2) e lenticulares (3).

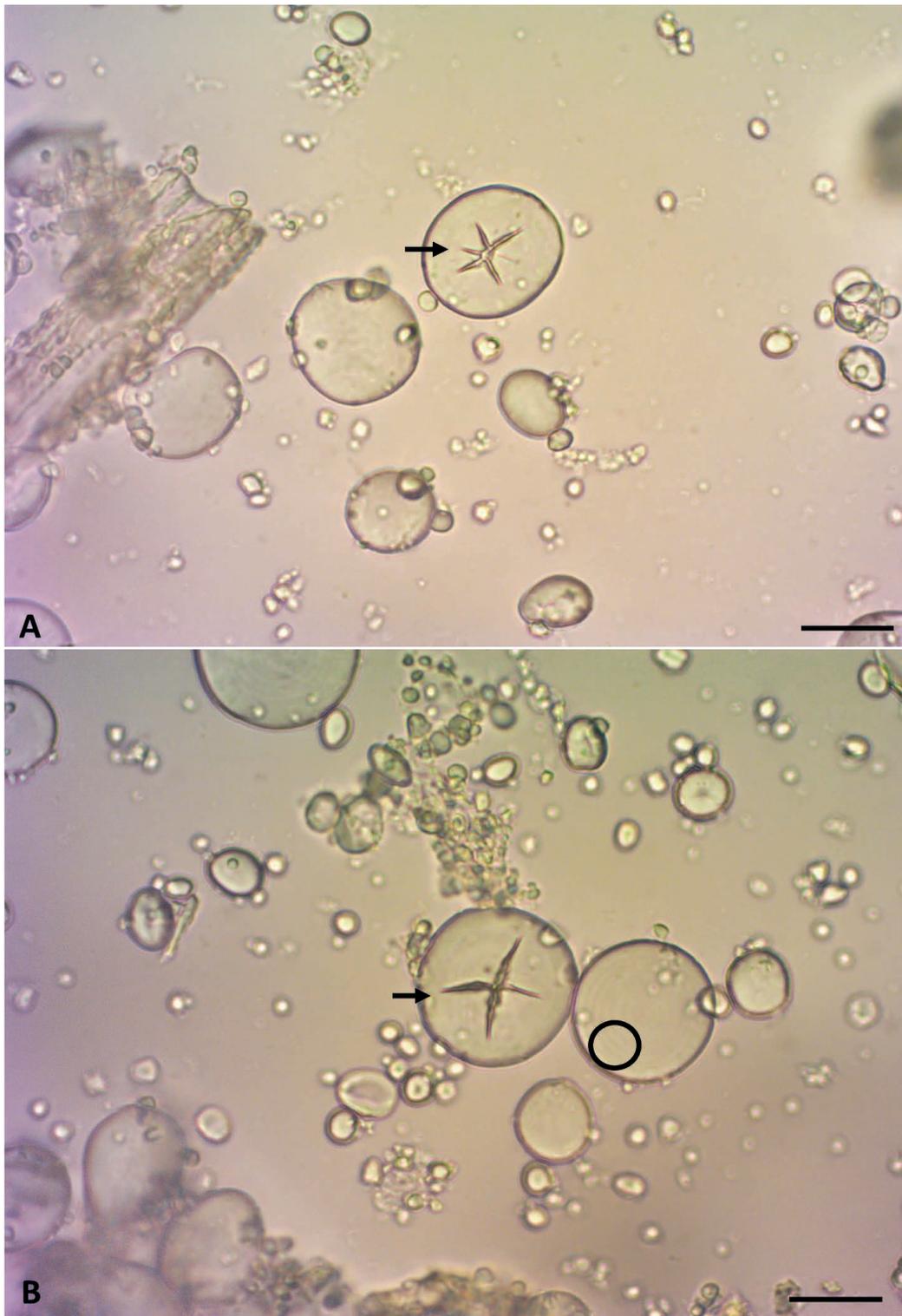


Figura 18. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.). (A) Grão circular de hilo central radiado com 5 prolongamentos (seta). **(B)** Grão circular de hilo central radiado com 4 prolongamentos (seta) e grão com estrias concêntricas marcantes (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 18, observam-se grãos de diferentes tamanhos e formatos. Destaca-se um grão circular de hilo central radiado com 5 (cinco) prolongamentos (seta). Na imagem B, destacam-se grãos circulares de hilo central radiado com 4 (quatro) prolongamentos (seta), com estrias concêntricas marcantes (círculo).

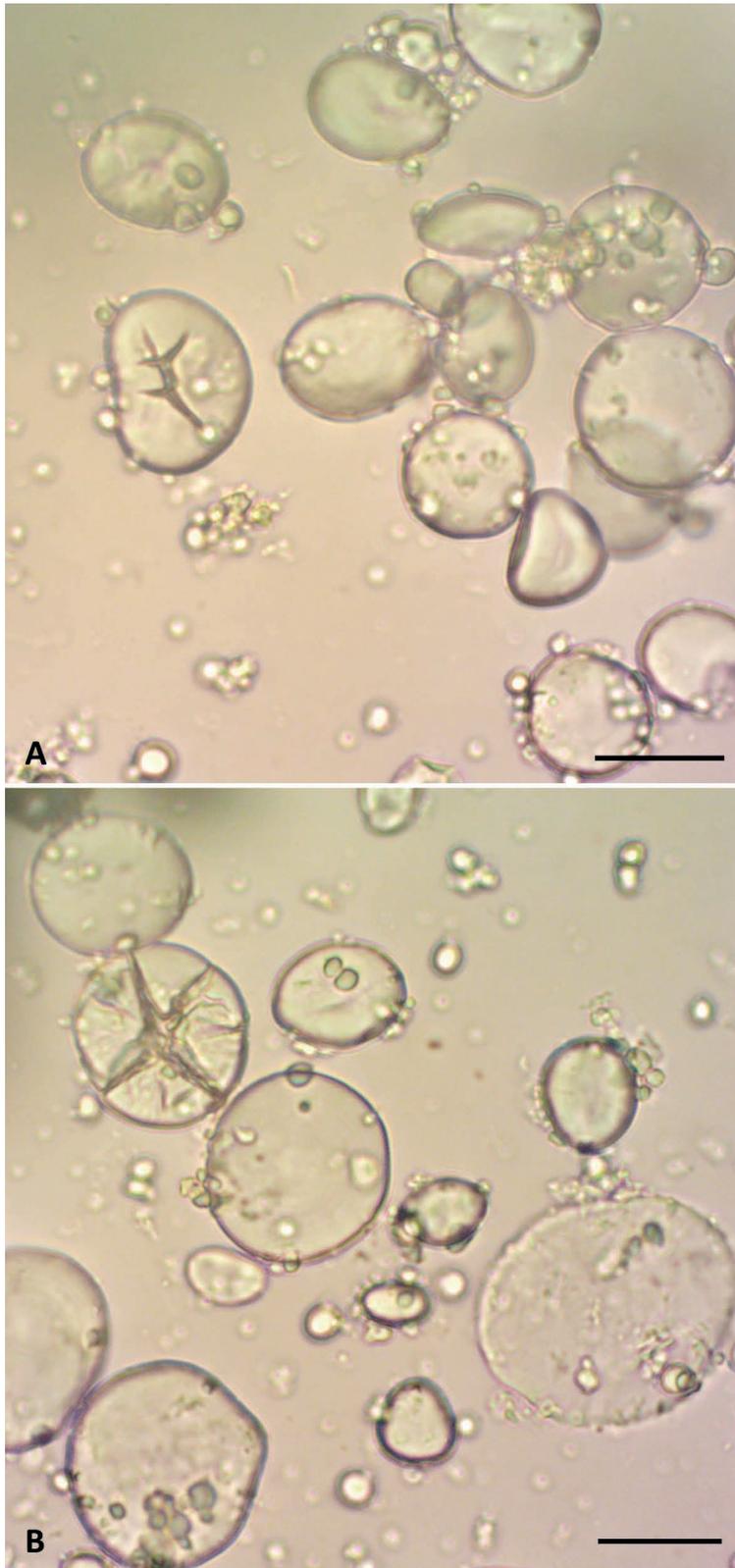


Figura 19. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.). (A-B) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos de hilo radiado com prolongamentos e estrias concêntricas. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se nas imagens da figura 19, uma mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos com as características diagnósticas mencionadas anteriormente, típicas de amido de centeio.

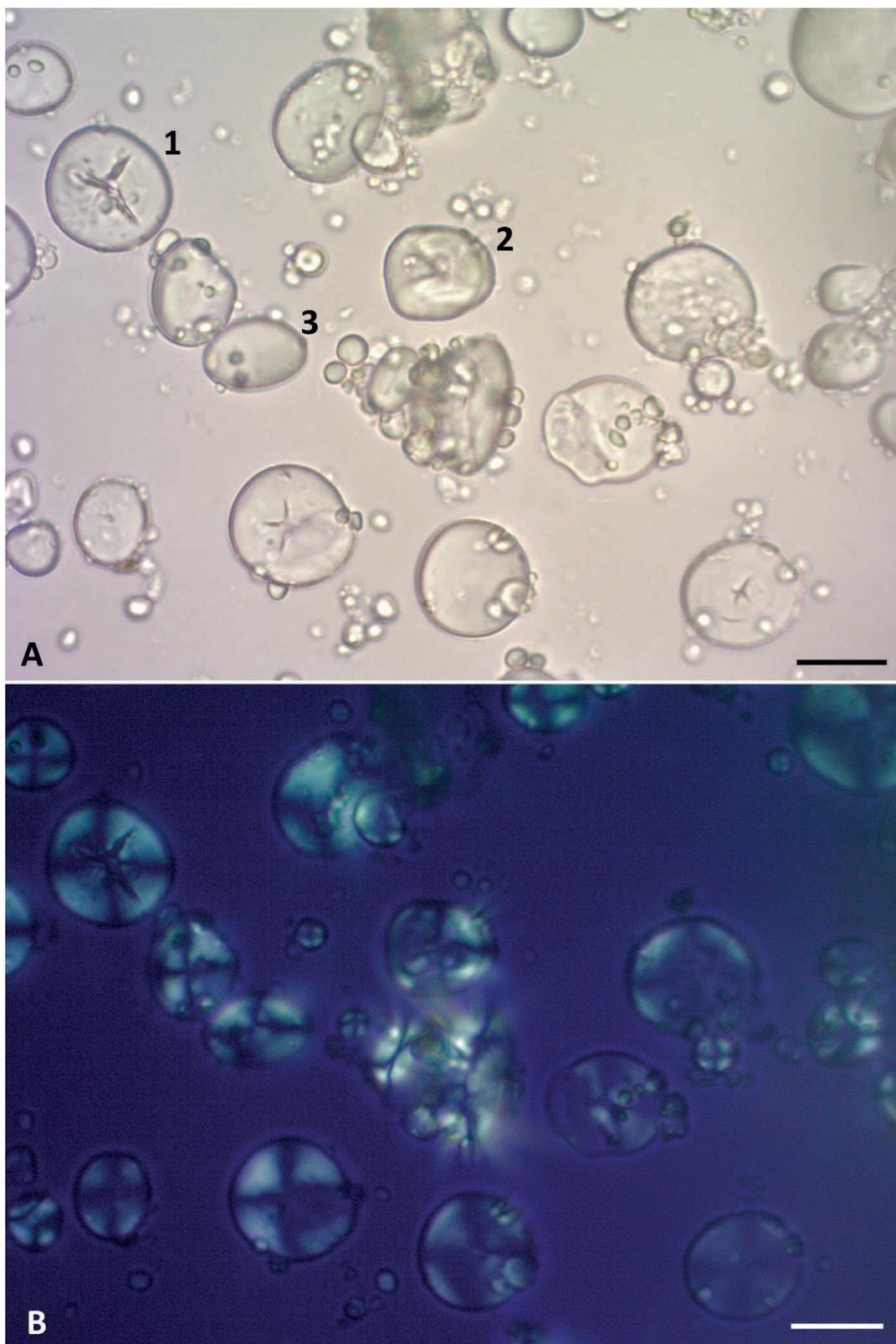


Figura 20. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.). (A) Grãos de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e lenticulares (3). (B) Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 20, observam-se os grãos de amido de centeio em campo claro nos formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e lenticulares (3). A imagem B, o mesmo campo, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra devido a propriedade de birrefringência.



Figura 21. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.). (A) Grão circular de hilo central radiado com 3 prolongamentos (seta) e estrias concêntricas (círculo). **(B)** Grão circular de hilo central radiado com 4 prolongamentos (seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

As imagens da figura 21 apresentam os grãos de centeio em lente de maior aumento do microscópio, de formato circular com as características diagnósticas bem marcantes. Na imagem A, observam-se o hilo central radiado com 3 (três) prolongamentos (seta) e o sistema de estratificação de estrias concêntricas marcantes (círculo). Na imagem B, o hilo central radiado com 4 (quatro) prolongamentos (seta), no qual, nesta variação de foco, não se observa as estrias tão marcantes quanto na imagem A, indicando que são imprescindíveis a variação de foco e o ajuste fino pelo analista para que seja possível visualizar características diagnósticas importantes para identificação.

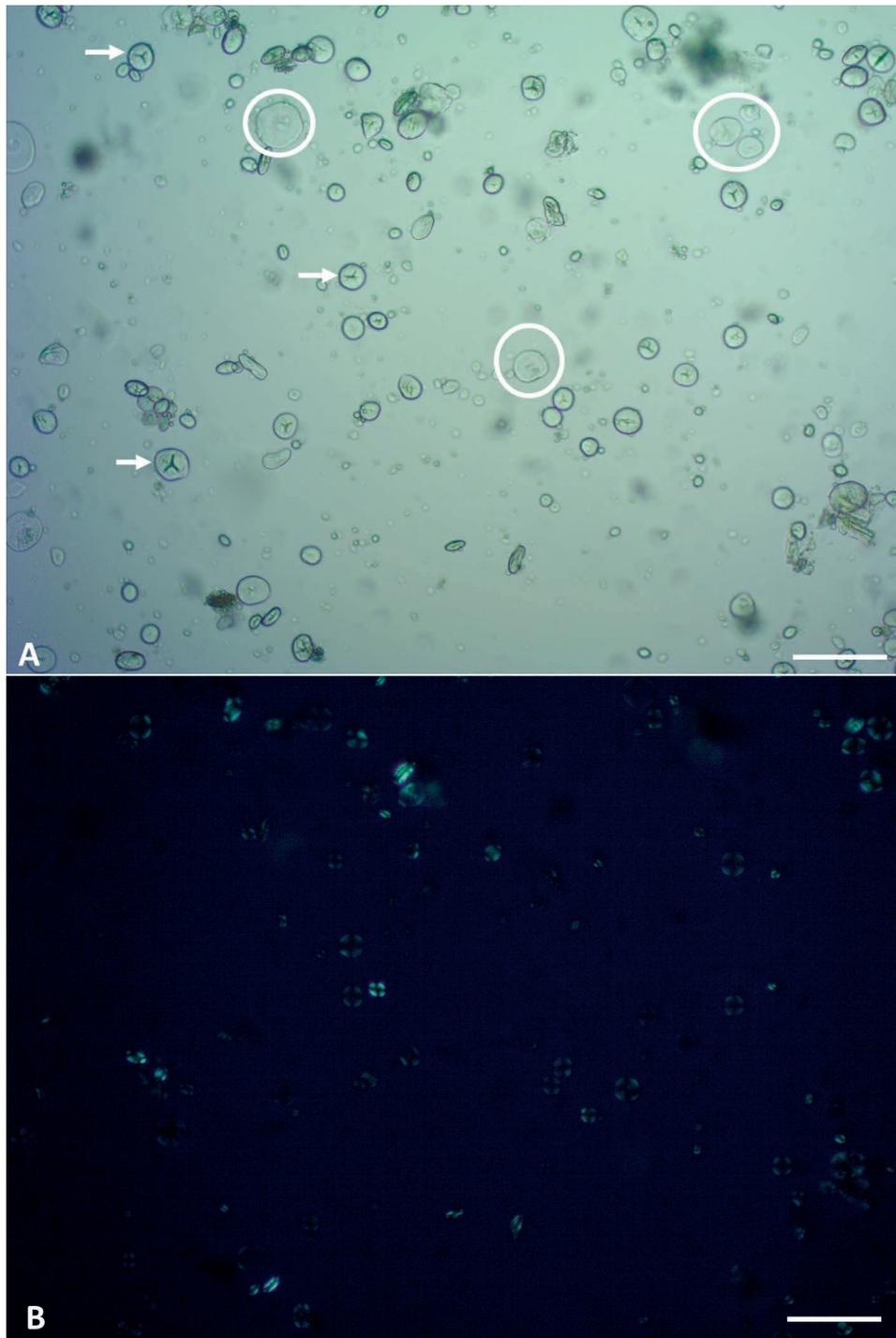


Figura 22. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (seta) e grãos gelatinizados (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, os grãos inalterados revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 100 μ m

A figura 22 apresenta imagens do processo de gelatinização dos grãos de amido de centeio. Na imagem A, em campo claro, observam-se grãos inalterados (seta) com o formato e hilo radiado preservados, e grãos gelatinizados (círculo) devido ao aquecimento com perda da morfologia típica interna dos grãos, sendo possível observar apenas o contorno do formato. Observam-se na imagem B, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra nos grãos inalterados devido a propriedade de birrefringência, que é perdida nos grãos gelatinizados.

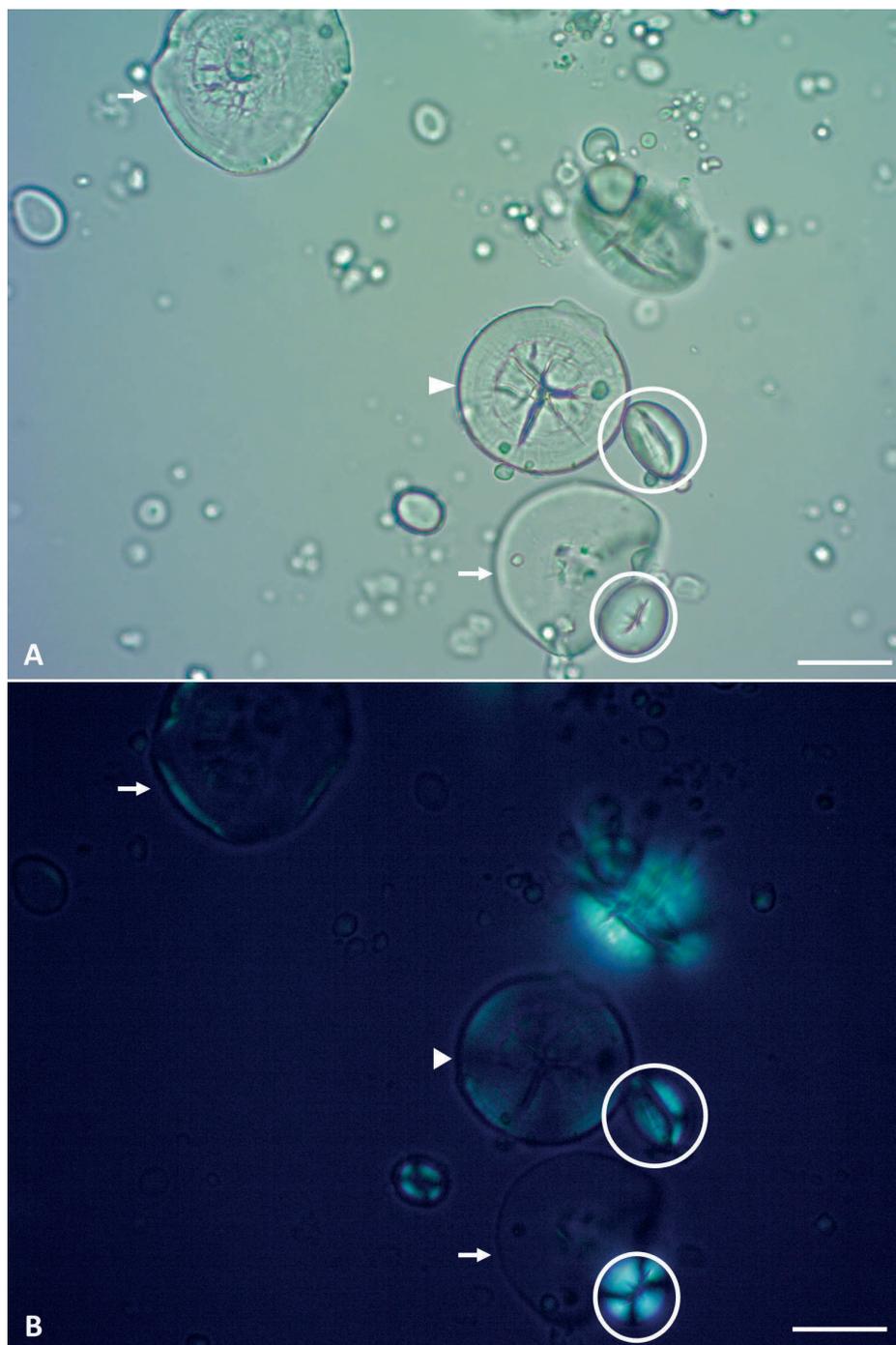


Figura 23. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos gelatinizados (seta), grão intumescendo (cabeça de seta) e grãos inalterados (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, os grãos inalterados revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 23 apresenta o processo de gelatinização em lente de maior aumento do microscópio. Na imagem A, em campo claro, observam-se grãos gelatinizados (seta) com perda da morfologia típica interna, não sendo possível visualizar o hilo, estrias e a cruz de Malta negra. Também se observa grão intumescendo (cabeça de seta) com aquecimento, ou seja, não se encontra inalterado nem perdeu completamente a morfologia típica interna, sendo possível observar o hilo e estrias começando a se desfazer; e grãos menores inalterados (círculo), sendo possível observar nestes a cruz de Malta negra sob luz polarizada, como mostra a imagem B.

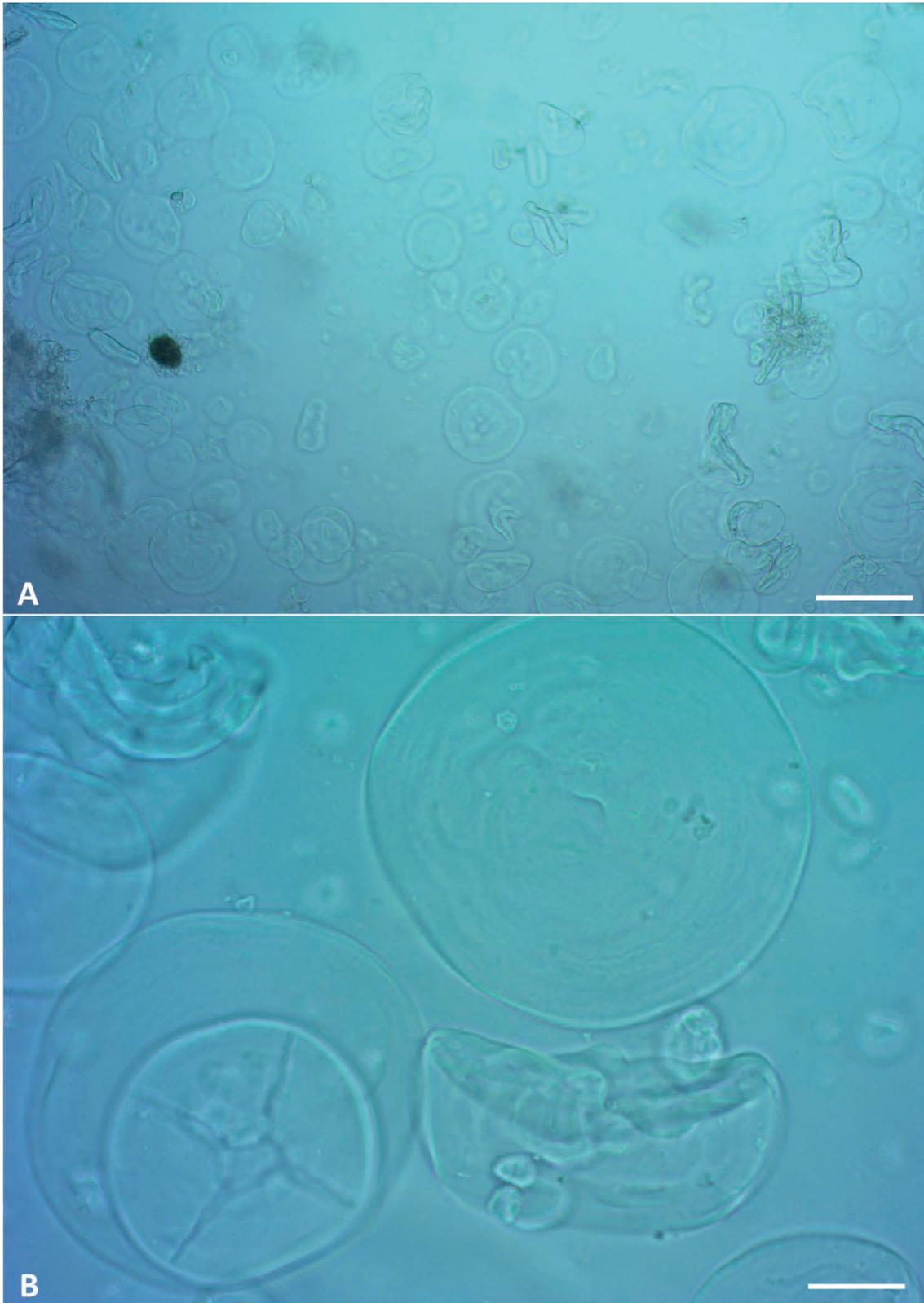


Figura 24. Grãos de amido de centeio (*Secale cereale* L.) em diferentes lentes de aumento do microscópio gelatinizados. Escala: (A) = 20 μm ; (B) = 10 μm

Observam-se na figura 24, em diferentes lentes de aumento do microscópio, os grãos de amido de centeio de diferentes tamanhos gelatinizados com a perda total da morfologia típica de identificação dos grãos.

1.4 CEVADA (*Hordeum vulgare* L.)

A parte usada da cevada é a cariopse ou grão. É um dos cereais mais antigos do mundo com origem na Ásia Ocidental, havendo registros de sua utilização desde o Egito Antigo. Estudos afirmam que os homens da caverna comiam a cevada-selvagem; os sibirianos no ano 3500 aEC usavam os grãos como unidade de medida e moeda de troca e os babilônicos no ano 1700 aEC como dinheiro. Mais tarde, os gregos e romanos aprenderam a transformar o cereal, utilizando-o na produção de pão e cerveja (FONTANA *et al.*, 2016; TAKEITI, 2021).

Na alimentação humana, é consumida na forma de grãos integral, de malte ou transformados em farinha; pode ser adicionada a sopas, cremes e iogurtes. É rica em fibras solúveis e age na redução dos níveis de colesterol e da resposta glicêmica devido a sensação de saciedade (SOARES, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2015). No Brasil, o uso de cevada tem sido exclusivamente para consumo na indústria cervejeira e ração animal.

Em ordem de importância econômica e social a cevada é o quinto grão com maior destaque mundial; sua produção está concentrada nas regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte com aproximadamente 133 milhões de toneladas. Em 2018, a produção mundial ficou em torno de 141 milhões de toneladas e o Brasil participou com 330 mil toneladas, correspondendo a 0,25% da produção mundial (DE MORI; MINELLA, 2012; FONTANA *et al.*, 2016).

A cevada é produzida no Brasil desde 1930, principalmente na região Sul, devido às condições climáticas favoráveis, especialmente em regiões com alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas (FERREIRA, 2015).

O cultivo em escala comercial se dá principalmente na produção de cevada para malte (90%), destinado a produção de cerveja. No entanto, o total cultivado no Brasil é insuficiente e não sustenta o consumo interno, havendo necessidade de importação deste cereal da Argentina e Uruguai para atender a demanda das indústrias produtoras de malte. Em 2020, o Brasil produziu 340 mil toneladas de cevada, destas 327 mil foram produzidas na região Sul (MUZZOLON *et al.*, 2021).

A cevada é a principal fonte de amido na composição da cerveja, cuja estrutura é modificada no processo de malteação. Neste processo, os grãos de cevada são levados a germinar, produzindo enzimas que quebram parcialmente o amido e as proteínas, a intensidade desta quebra é fundamental na formação do sabor e dos aromas; após, os grãos passam pela torrefação e se tornam o malte. A cevada, após processo de malteação, apresenta a estrutura do grão de amido modificada (MUZZOLON *et al.*, 2021).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE CEVADA

Os grãos de amido de cevada apresentam-se em estado isolado, em mistura de diferentes tamanhos com média de 30µm de diâmetro. Possuem formato circular, de contorno irregular, e lenticular. São semelhantes ao trigo e centeio, porém possuem contorno mais irregular. Apresentam o sistema de estratificação com estrias concêntricas, mais visíveis que os grãos de trigo, e apresentam hilo central de formato linear, raramente pontuado. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

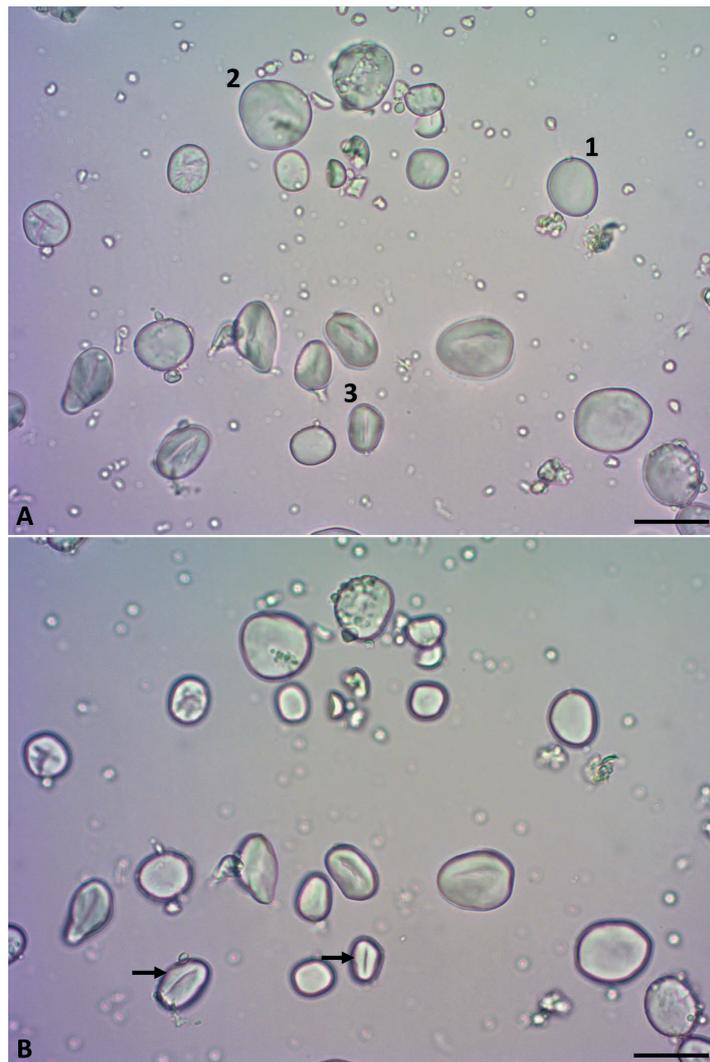


Figura 25. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.) em mesmo campo, porém em focos diferentes. (A) Grãos isolados de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e lenticulares (3). (B) Grãos lenticulares com hilo linear (seta) marcante. Escala: (A, B) = 20 µm

As imagens da figura 25 apresentam os grãos de amido de cevada maltada em mesmo campo, porém em focos diferentes. Na imagem A observam-se uma mistura de grãos isolados de diferentes formatos como circulares (1), de contorno irregular (2), e lenticulares (3). Observam-se na imagem B, o hilo de formato linear (seta) no interior dos grãos lenticulares, apresentado de forma mais marcante e visível se comparado ao foco da imagem A.

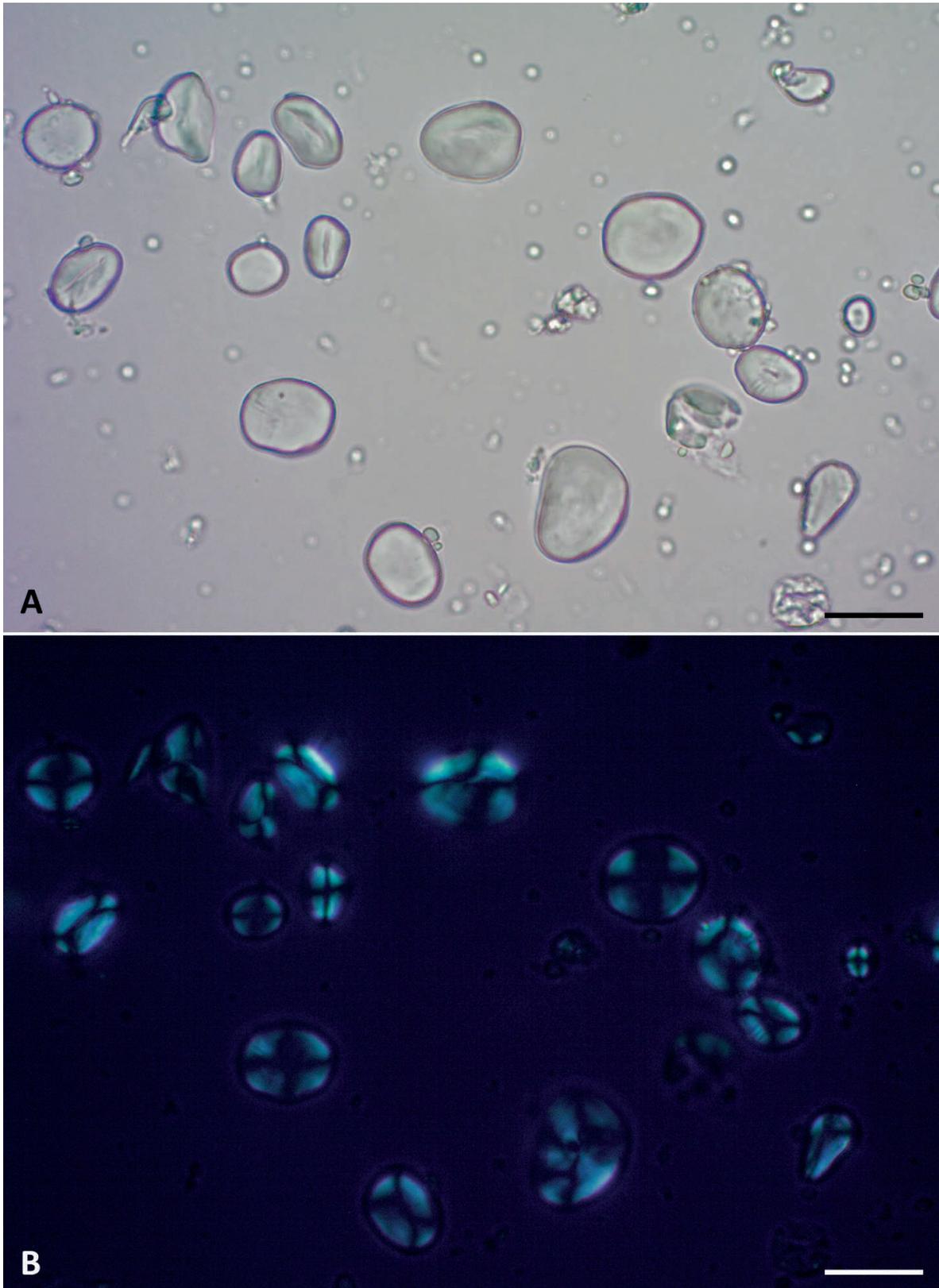


Figura 26. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.). (A) Grãos isolados de diferentes tamanhos e formatos em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observa-se na imagem B da figura 26 a cruz de Malta negra revelada sob luz polarizada, embora ela não apareça tão marcante em alguns grãos, devido ao processo de malteação.



Figura 27. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.) em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Grãos com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A) = 10 μ m; (B) = 20 μ m

A figura 27 apresenta grãos de amido de cevada maltada em lente de maior aumento do microscópio, sendo possível observar nitidamente o hilo central linear (seta) e o sistema de estratificação com estrias concêntricas (círculo) nos grãos.

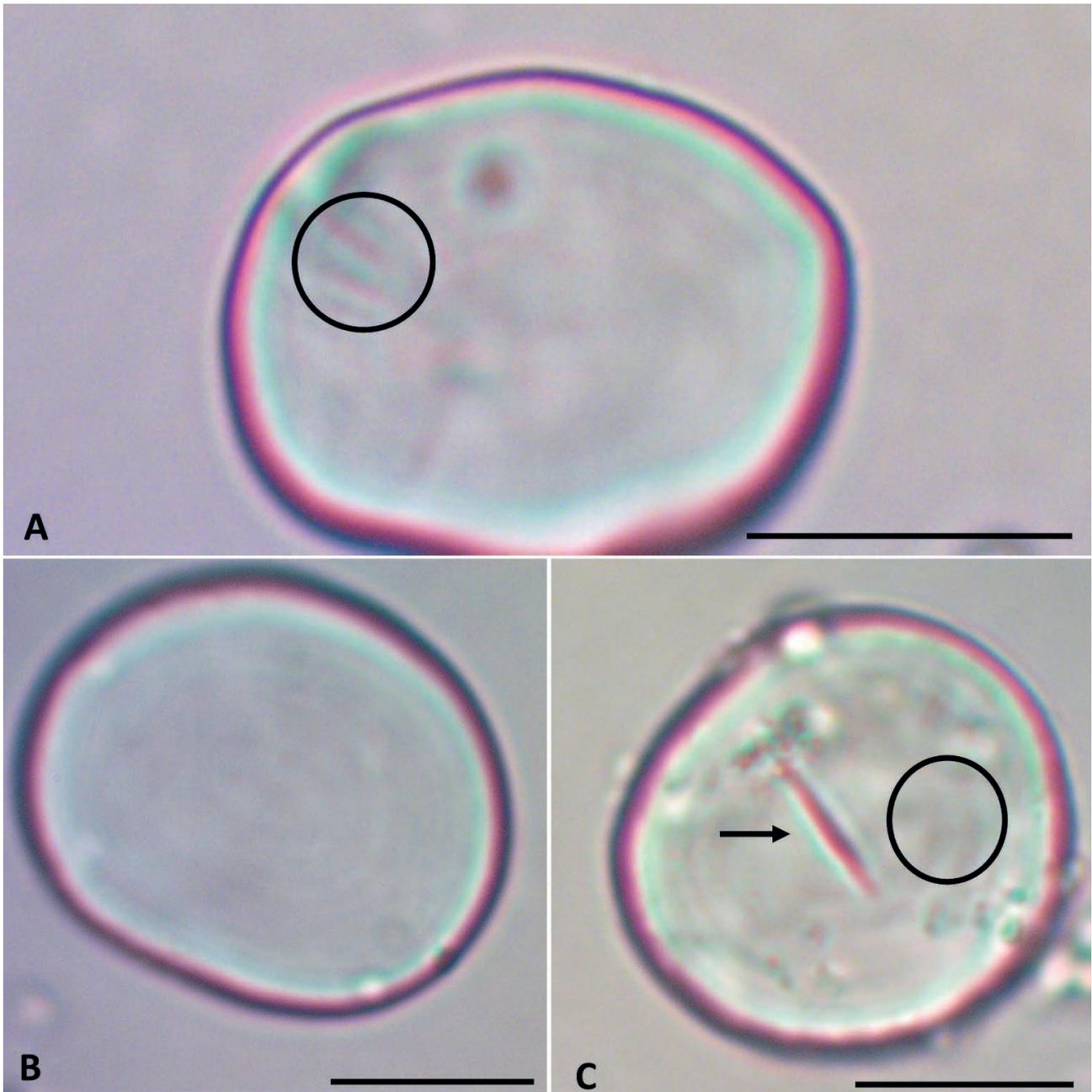


Figura 28. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.). (A-B) Grãos circulares de contorno irregular com estrias concêntricas (círculo). **(C)** Grão circular com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A-C) = 10 μ m

Na figura 28 destaca-se nas imagens o sistema de estratificação dos grãos com estrias concêntricas (círculo) marcantes. Observa-se na imagem C, o hilo central linear (seta).

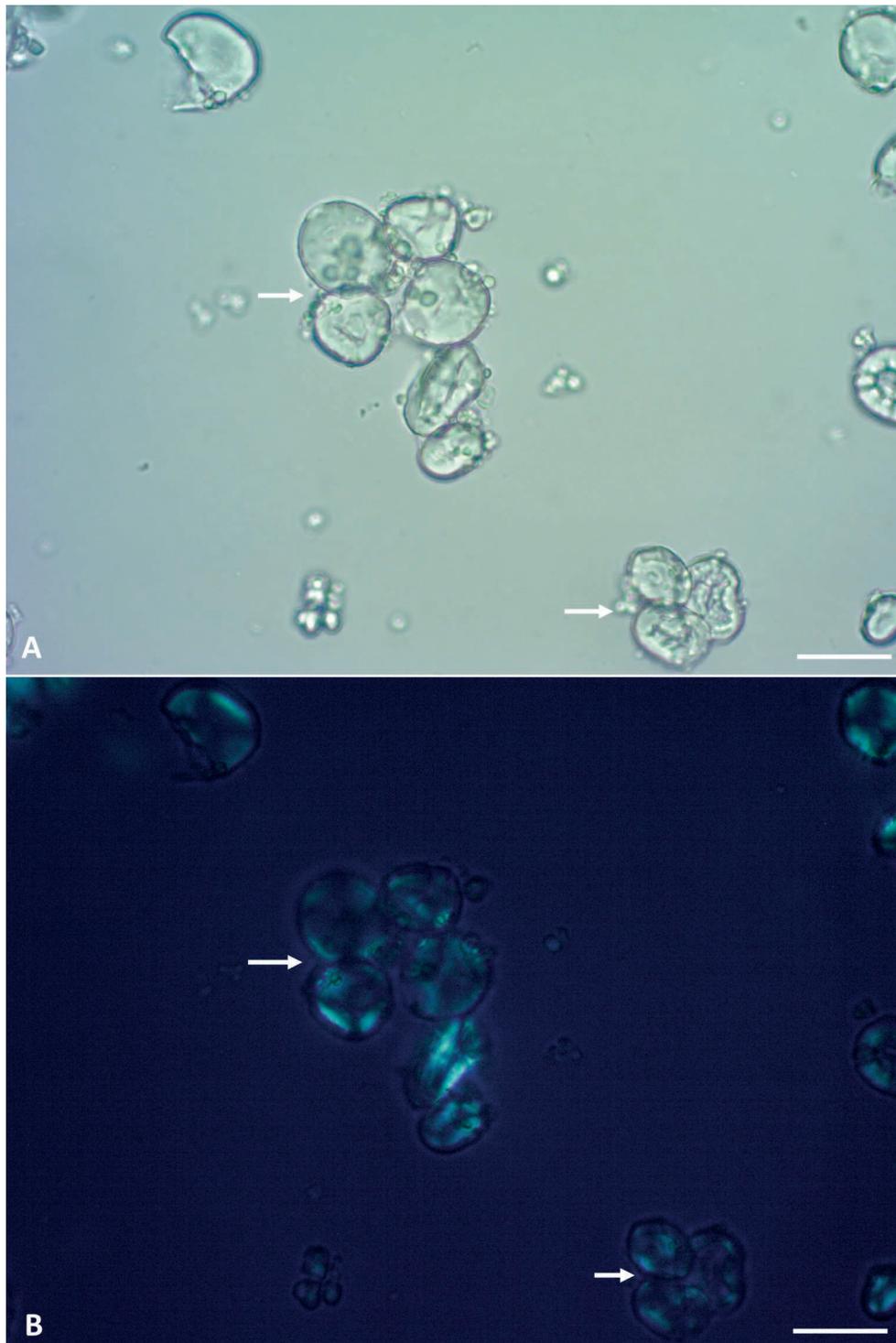


Figura 29. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos circulares de contorno irregular e lenticulares intumescendo (seta). **(B)** Sob luz polarizada, grãos intumescendo revelam parcialmente a cruz de Malta negra (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens da figura 29 apresentam os grãos de amido de cevada maltada em processo de gelatinização. Na imagem A, em campo claro, observam-se os grãos intumescendo (seta) devido ao aquecimento, perdendo as características típicas para identificação, como hilo e estrias. Na imagem B, sob luz polarizada, grãos intumescendo revelam parcialmente a cruz de Malta negra, pois perdem a propriedade de birrefringência.

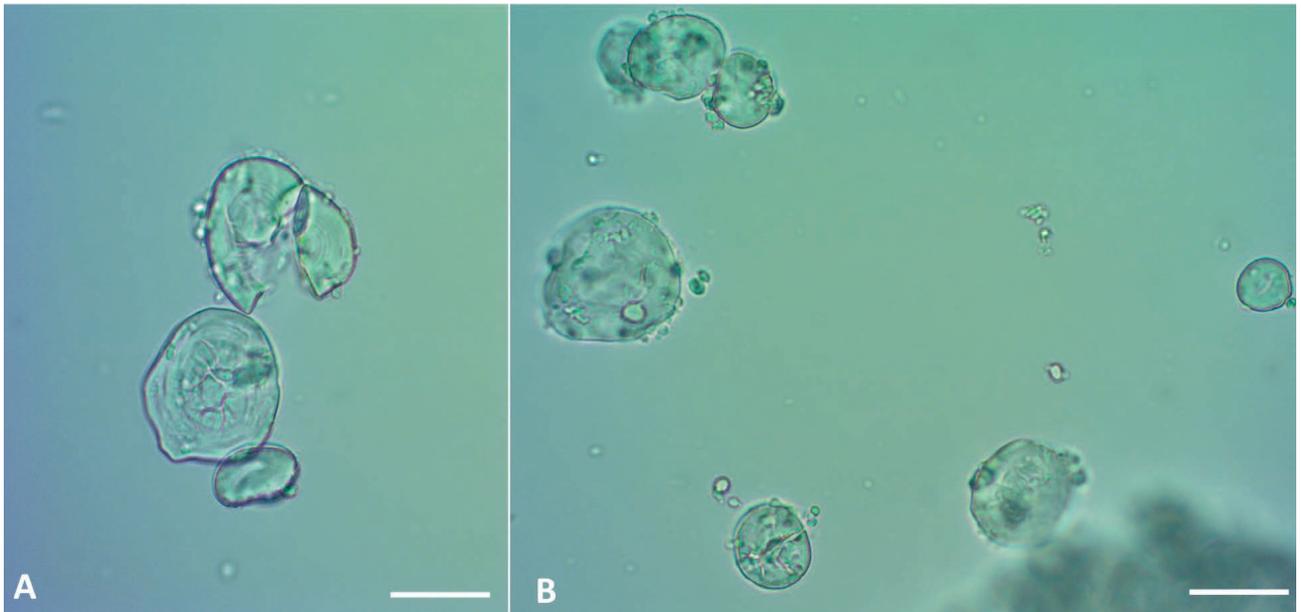


Figura 30. Grãos de amido de cevada maltada (*Hordeum vulgare* L.) gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se nas imagens da figura 30 grãos de amido de cevada maltada gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação dos grãos.

1.5 MILHO (*Zea mays* L.)

A cariopse ou grão é a parte usada deste cereal. Ele é o terceiro mais cultivado do mundo, originário no México, disseminado nas Américas e introduzido em diferentes estados no Brasil. Os maiores produtores mundiais são Brasil, Estados Unidos e China e, ao longo do século XX, seu consumo tornou-se importante com grande força econômica (ESTADÃO, 2021; WFO, 2023).

Os grãos são ricos em lipídios e glicídios, pobres em aminoácidos essenciais e contêm vitaminas do complexo B, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, enxofre, fósforo e nitrogênio. A cor do grão mais frequente é amarela, entretanto existem grãos vermelhos, pretos, rosas e azuis (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

É utilizado na alimentação animal e humana em forma de grão, farinha, farelo, fubá e sêmola. Aplicado em industriais alimentícias como ingrediente espessante ou colante em pratos tradicionais e em diferentes produtos, como balas e sorvetes. Nas últimas décadas, o milho se tornou também uma boa alternativa de biocombustível, além do etanol de cana-de-açúcar. Contudo, o principal uso destina-se a alimentação animal, cerca de dois terços de toda a produção têm essa finalidade (OLIVEIRA *et al.*, 2015; ESTADÃO, 2021).

O processamento dos grãos de milho resulta em diferentes tipos de farinhas: **1.** refinadas⁶, como o fubá, e quando processado a partículas mais finas chama-se fubá mimoso; **2.** integrais⁶; **3.** farelo⁶, chamado de fubá grosso; **4.** sêmola, com fragmentos maiores e semolina, cujos fragmentos de tamanho intermediário são resultantes da moagem do grão (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Os amidos de milho, devido a fácil obtenção, ao baixo custo, e sua pouca influência característica quanto ao sabor e cor, são amplamente utilizados como adulterantes em diversos alimentos, sendo de grande relevância sua caracterização para viabilização das análises periciais em alimentos.

⁶ Definição no tópico Introdução pág. 12.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE MILHO

Os grãos de amido de milho apresentam-se em estado isolado, medem em média de 10µm a 30µm. Possuem formato poligonal com muitos ângulos e lados curvados, quando provém da parte externa da semente, e alguns grãos menores circulares, quando provém do centro da semente. Apresentam hilo central de formato pontuado, alguns radiados com curtos prolongamentos e o sistema de estratificação com estrias concêntricas. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

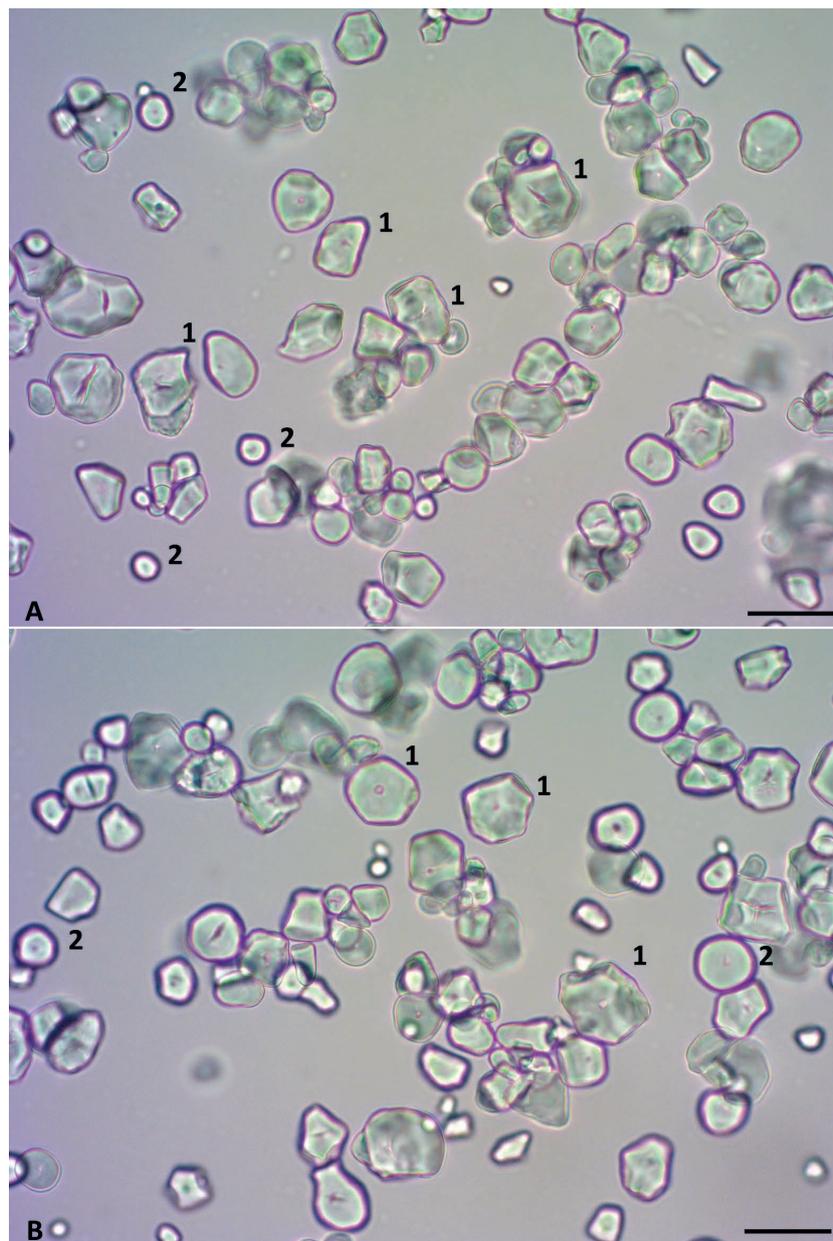


Figura 31. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.). (A-B) Grãos poligonais com muitos ângulos e lados (1), alguns menores circulares (2). Escala: (A, B) = 20 µm

Observam-se nas imagens da figura 31 os grãos de amido de milho em estado isolado de formato poligonal com muitos ângulos e lados curvados (1) e alguns grãos menores circulares (2).

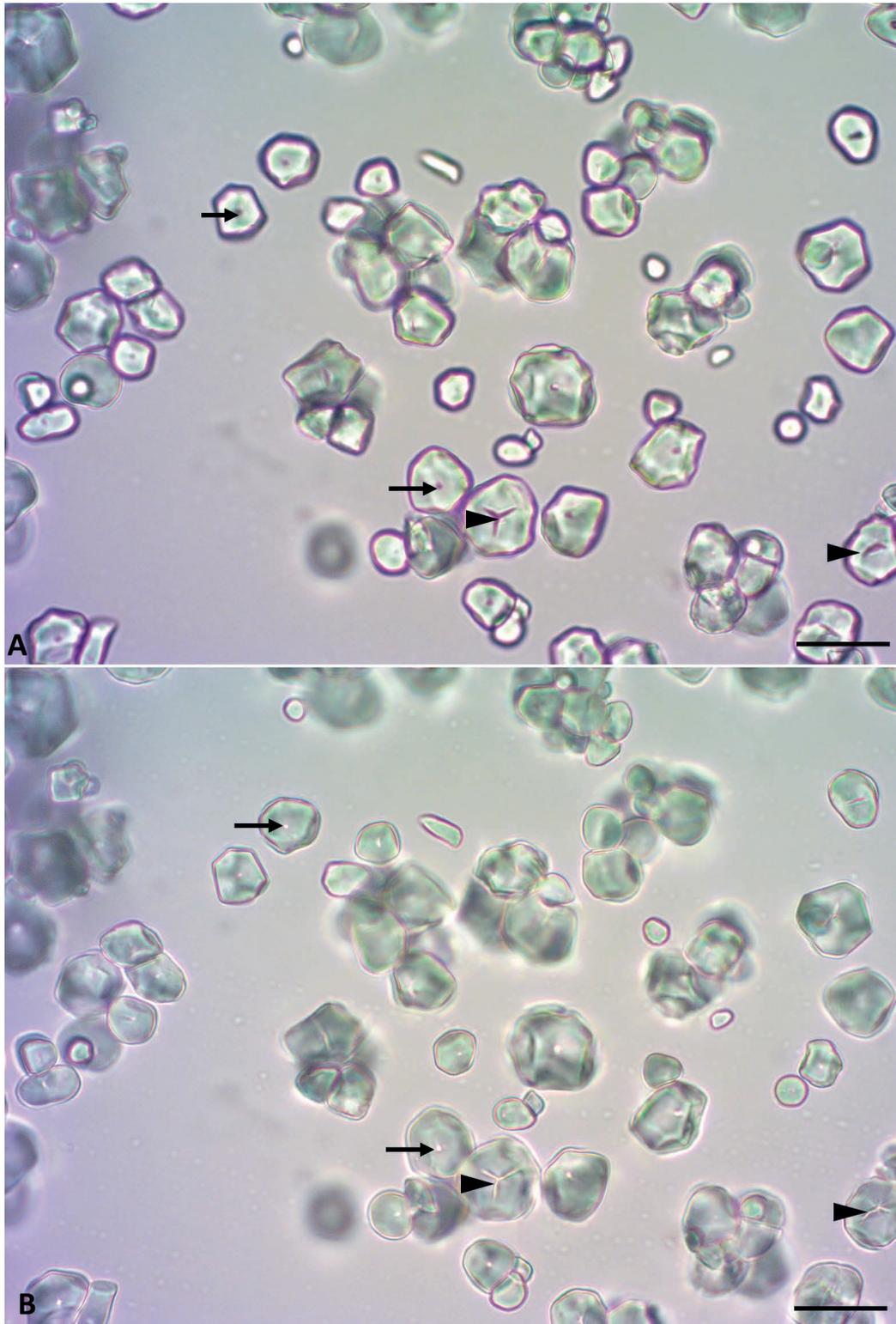


Figura 32. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.) mesmo campo, porém em focos diferentes. (A-B) Grãos com hilo central pontuado (seta), e alguns radiado com prolongamentos (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 20 µm

As imagens da figura 32 apresentam os grãos de amido de milho em mesmo campo, porém em focos diferentes. Observam-se as características diagnósticas dos grãos mais marcantes na imagem A, com hilo central pontuado (seta) e radiado com prolongamentos (cabeça de seta), embora seja possível observá-los na variação de foco da imagem B.

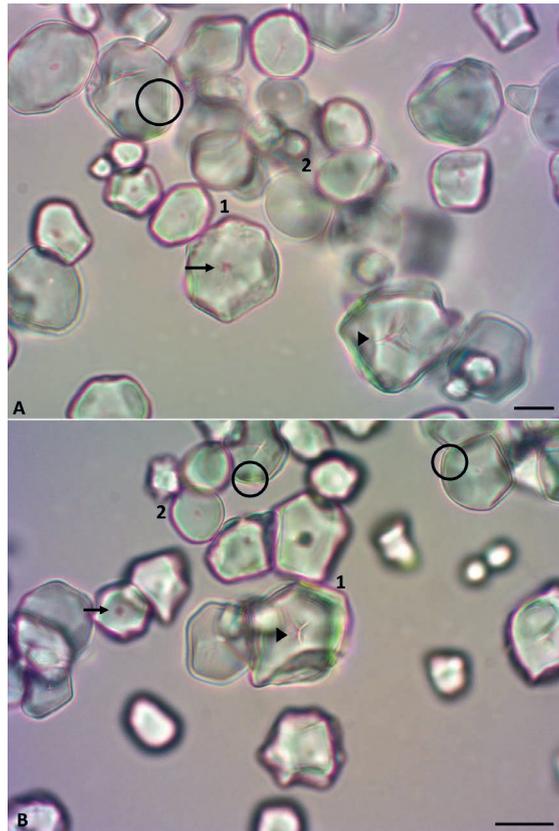


Figura 33. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.). (A-B) Grãos poligonais (1) e circulares (2); estrias concêntricas (círculo); hilo central pontuado (seta) ou radiado com prolongamentos (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

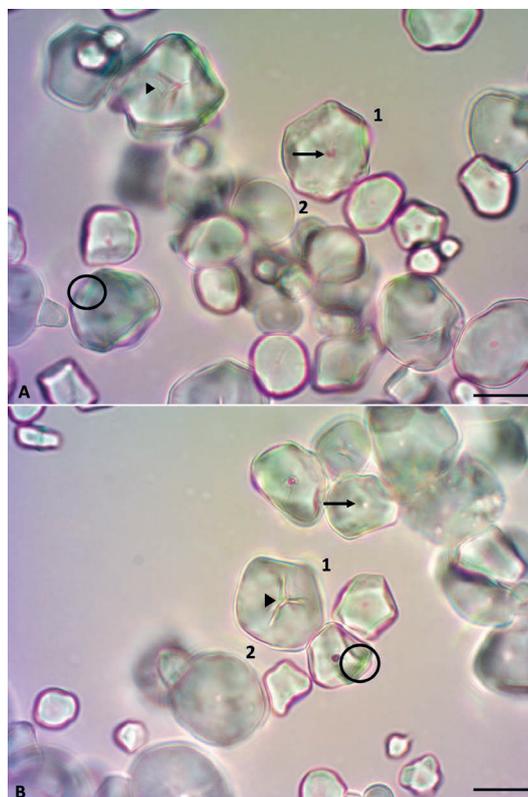


Figura 34. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.). (A-B) Grãos poligonais (1) e circulares (2); estrias concêntricas (círculo); hilo central pontuado (seta) ou radiado com prolongamentos (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

O sistema de estratificação de estrias é menos perceptível nos grãos de amido de milho, sendo recomendável observar o campo em lente de maior aumento do microscópio. Assim, nas imagens das figuras 33 e 34, observam-se nitidamente as estrias concêntricas (círculo) e hilo central de formato pontuado (seta) e radiado com prolongamentos (cabeça de seta) nos grãos poligonais (1) e circulares (2).

As diversas imagens em focos diferentes e em lente de maior aumento do microscópio, exibindo riqueza de detalhes, contribuem como uma ferramenta extremamente importante na identificação dos amidos, principalmente de milho, muito utilizado como adulterante nos alimentos.

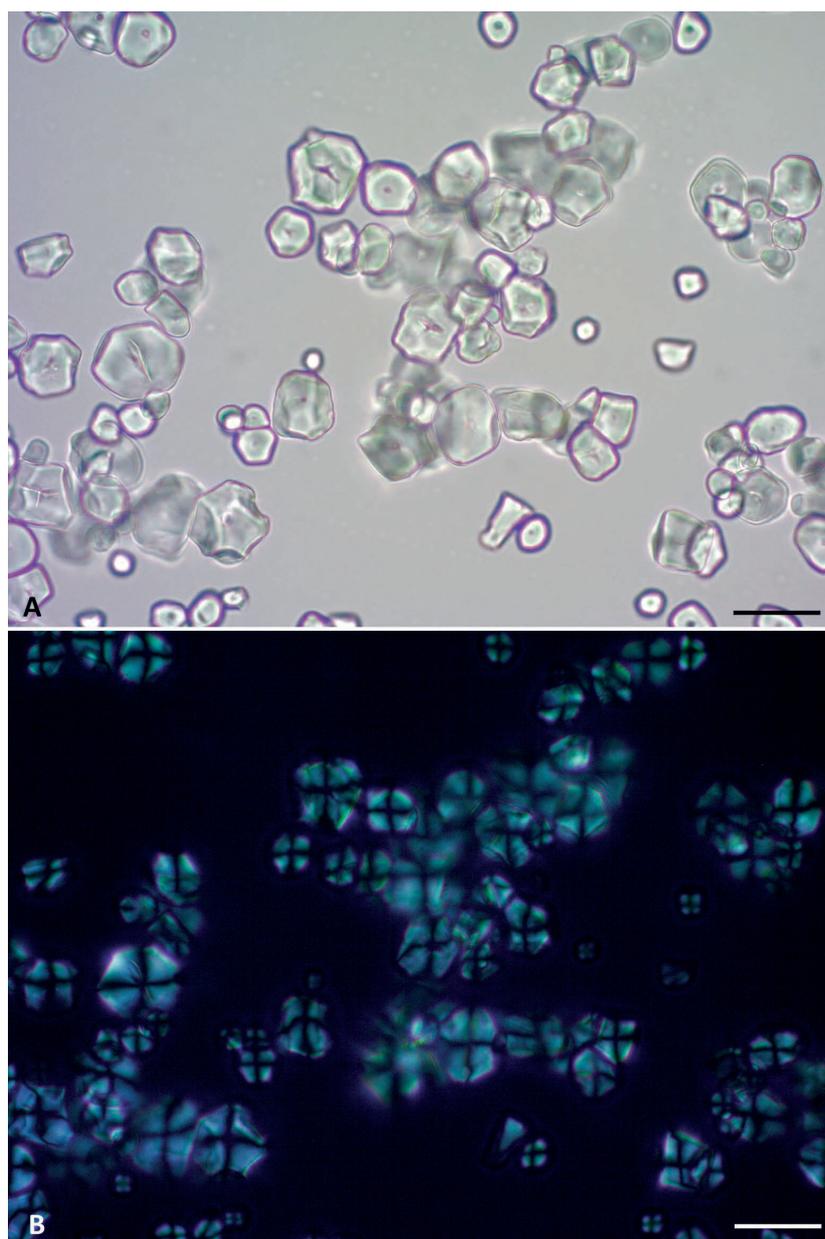


Figura 35. Grão de amido de milho (*Zea mays* L.). (A) Grãos em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 μ m

Na figura 35, observam-se na imagem A os grãos de amido de milho em campo claro. Na imagem B, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra.

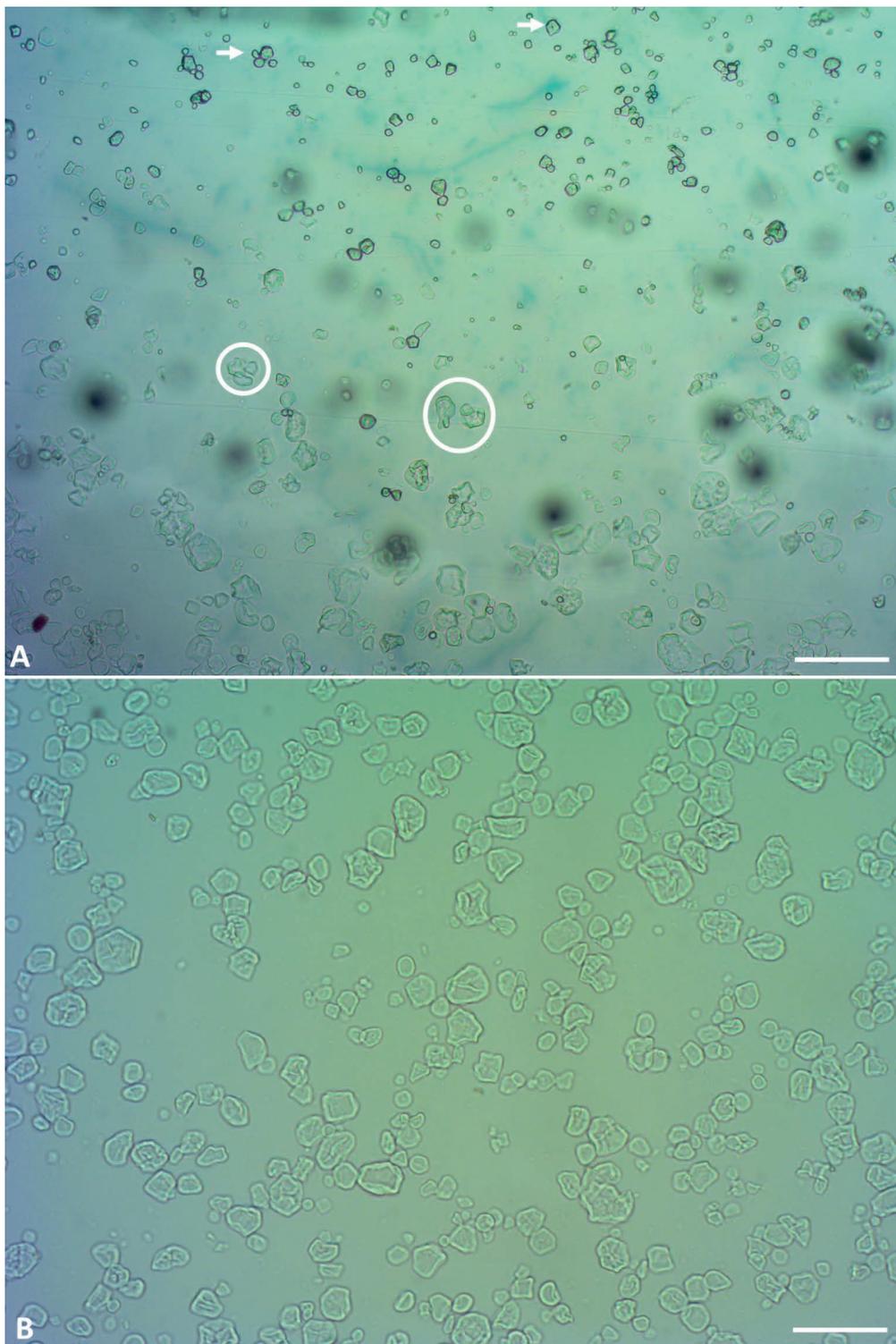


Figura 36. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (seta) e grãos gelatinizados (círculo). **(B)** Grãos gelatinizados. Escala: (A, B) = 100 μ m

Observa-se na figura 36 o processo de gelatinização dos grãos de amido de milho. Na imagem A, grãos inalterados (seta), com as características diagnósticas de formato e hilo preservados, e grãos gelatinizados (círculo), com perda destas características. Na imagem B, observam-se os grãos gelatinizados com perda da morfologia típica, sendo possível visualizar apenas o contorno dos grãos.

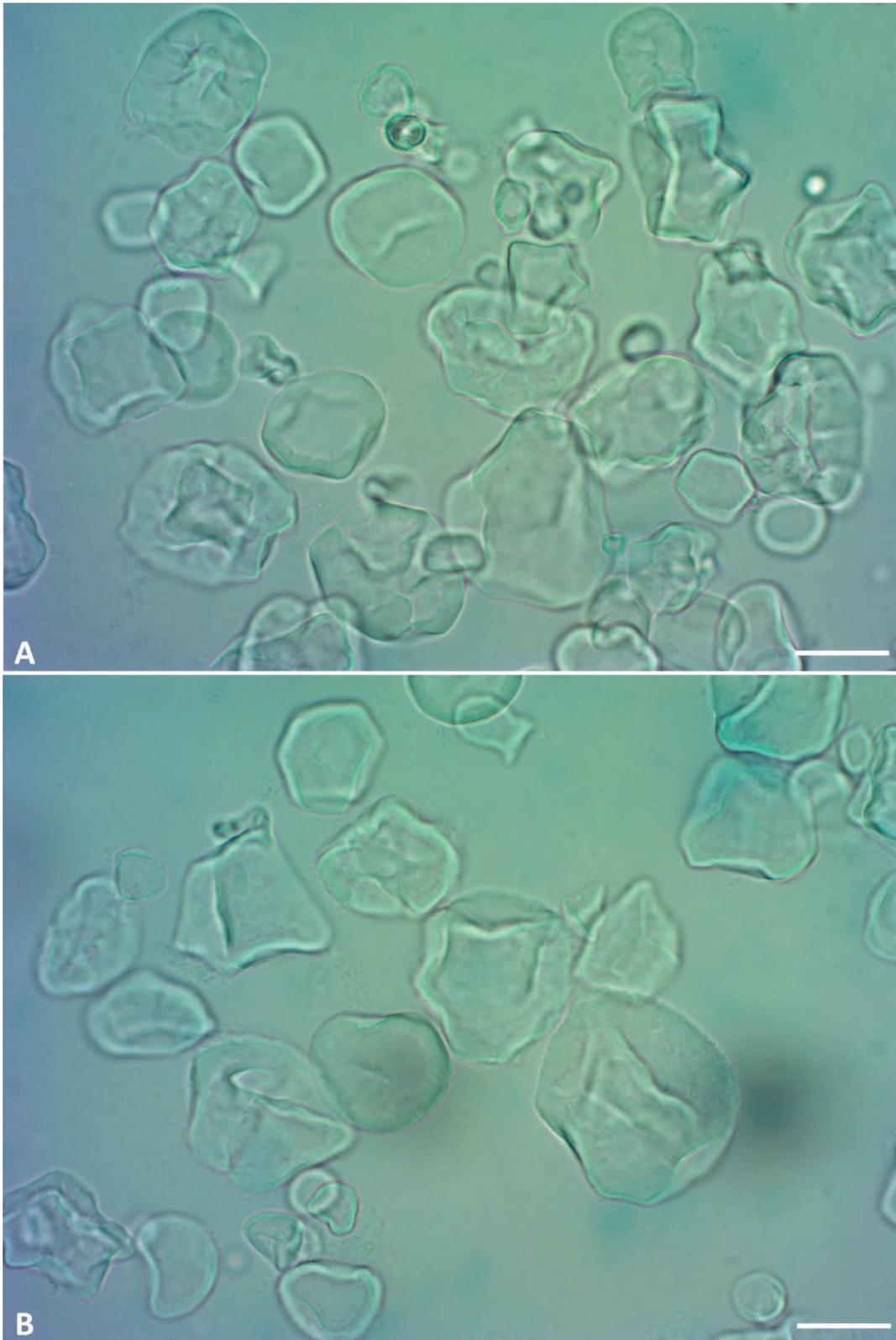


Figura 37. Grãos de amido de milho (*Zea mays* L.) gelatinizados em lente de maior aumento do microscópio.
Escala: (A, B) = 20 μ m

Na figura 37, na curta profundidade de campo da lente de maior aumento do microscópio, observam-se os grãos de amido de milho gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação dos grãos.

1.6 TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

O trigo é um cereal básico de grande importância econômica e alimentícia, utilizado na produção de pães, biscoitos, bolos e outros alimentos. A parte usada é a cariopse ou grão. Na antiguidade, teve grande importância como alimento aos povos egípcios e babilônicos, consumido inicialmente em grãos, em uma espécie de papa, junto a peixe e frutas. Em 4.000 aEC, o processo de fermentação do trigo foi descoberto, dando origem aos primeiros pães. É um grão com alto teor de carboidrato, rico em vitaminas do complexo B, vitamina E, e minerais, como ferro, zinco, magnésio e manganês (BAPTISTELLA, 2022).

É originário da Ásia, na antiga Mesopotâmia, tendo sido levado à Europa e depois América. No Brasil, foi introduzido nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Atualmente, as principais áreas de cultivo são Rio Grande do Sul e Paraná, tanto em área como em volume de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2015; WFO, 2023).

Segundo a CONAB (2022), para safra de 2021/2022, a produção de trigo no Brasil estava estimada em 9,5 milhões de toneladas. A espécie *Triticum aestivum* é a mais cultivada no mundo, representando 80% da produção mundial, utilizada, principalmente, para a fabricação de pães.

O glúten é um composto complexo formado por uma mistura de proteínas, principalmente a gliadina e a glutenina, que podem ser encontradas no endosperma de alguns cereais, como centeio, cevada, aveia e, em quantidades mais significativas, no trigo; todos apresentados nesta obra. Algumas pessoas possuem intolerância às proteínas do glúten, gerando uma digestão difícil e tornando o intestino irritado. Outras pessoas são portadoras da doença celíaca, uma doença autoimune, em que o organismo reage atacando a proteína e também as paredes intestinais, prejudicando bastante a absorção de nutrientes, causando diarreia e consequente desnutrição (KONDAPALLI; WALKER, 2022).

Pessoas que são celíacos não podem ingerir alimentos com glúten, sendo de extrema importância avisos nas embalagens de produtos. A Lei n. 10.674, de 16 de maio de 2003, “obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca”. A lei regulamenta que nos rótulos e embalagens de todos os alimentos industrializados conste a inscrição “contém glúten” ou “não contém glúten”, conforme o caso, não cabendo nenhuma outra informação, como “pode conter” ou “traços de glúten”, de modo a contribuir com informações precisas aos consumidores portadores da doença celíaca (BRASIL, 2003).

Dessa forma, o reconhecimento de grãos de amido das espécies aqui descritas pode contribuir significativamente para o devido controle de qualidade de alimentos, baseado na microscopia óptica.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE TRIGO

Os grãos de amido de trigo apresentam-se em estado isolado, grandes, brancos e brilhantes; medem em média de 20 μ m a 40 μ m de diâmetro, os menores de 3 μ m a 7 μ m. Quando vistos de frente, possuem formato circular; se vistos de perfil lenticular, possuem hilo pontuado, perceptível em raros grãos; e no caso da observação linear nos grãos lenticulares, possuem sistema de estratificação com estrias concêntricas pouco perceptíveis. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela cruz de Malta negra.

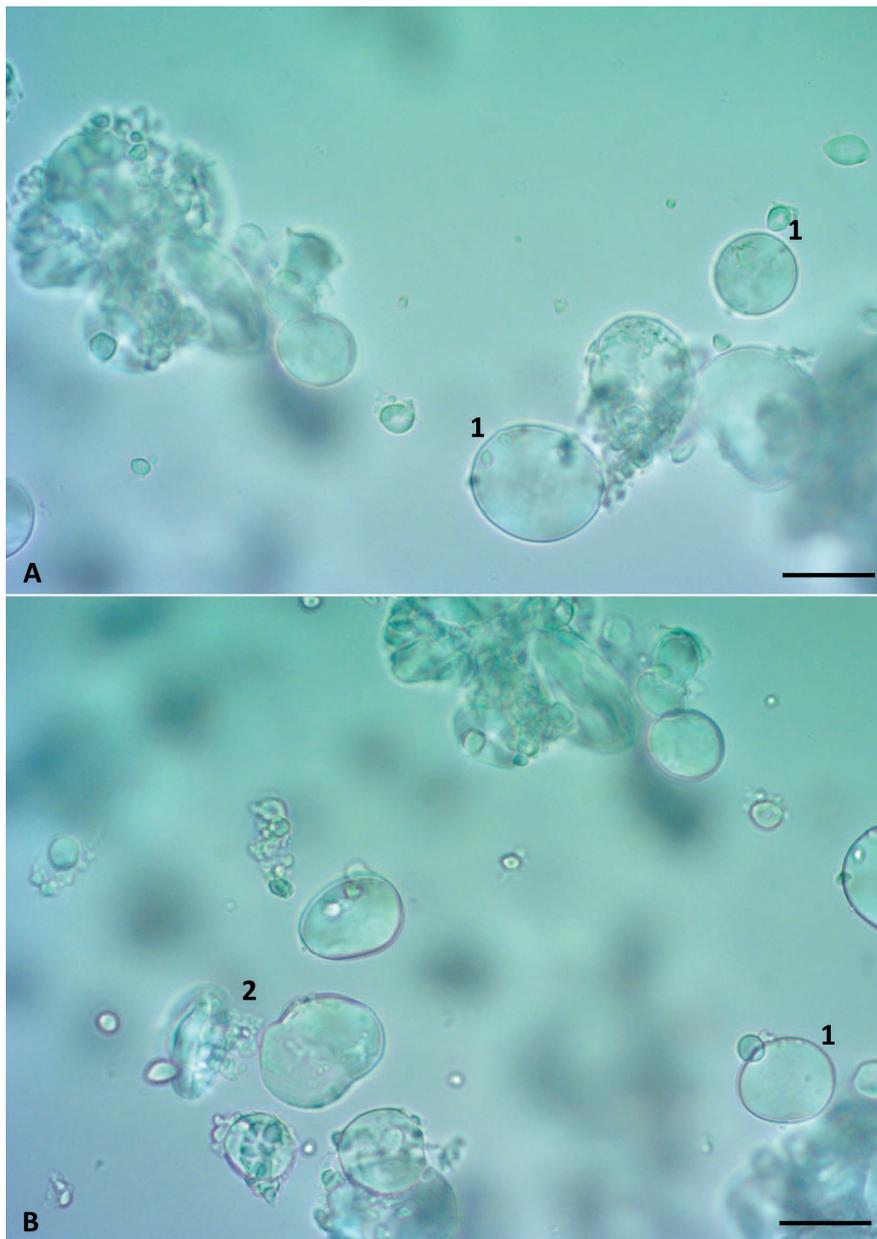


Figura 38. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.). (A-B) Grãos isolados de formatos circulares (1) e lenticulares (2). Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens da figura 38, observam -se os grãos de amido de trigo em estado isolado de formatos circulares (1) e lenticulares (2).

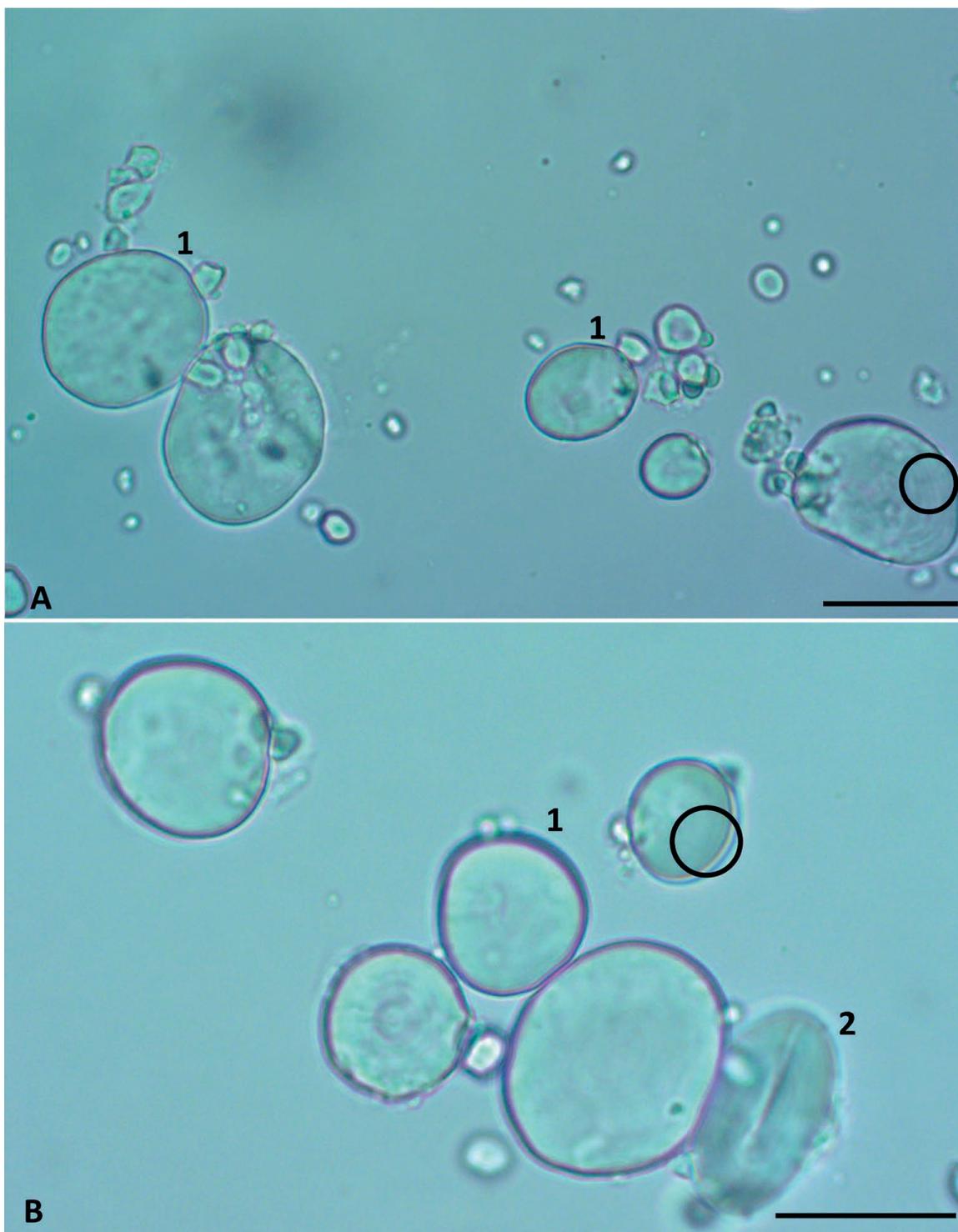


Figura 39. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.). (A) Grãos isolados de formato circulares (1) e estrias concêntricas (círculo). **(B)** Grãos isolados de formatos circulares (1) e lenticulares (2), e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 39, observam-se grãos de amido de trigo de formato circulares (1), e sistema de estratificação de estrias concêntricas (círculo) perceptíveis em alguns grãos. Na imagem B, observam-se grãos de formatos circulares (1) e, quando vistos de perfil lenticulares (2), sendo possível perceber mesmo que sutilmente, as estrias concêntricas (círculo).

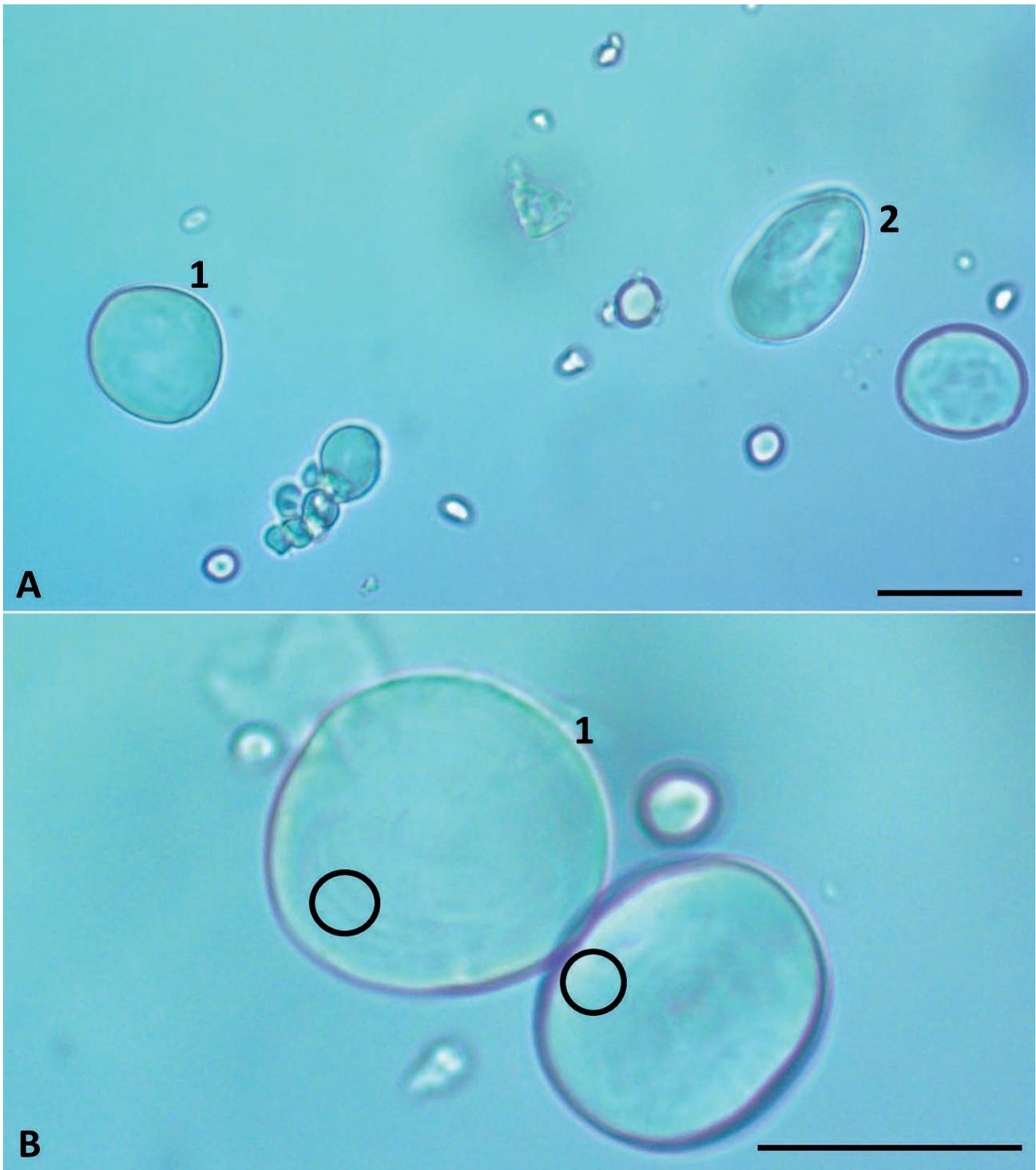


Figura 40. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.). (A-B) Grãos isolados de formatos circulares (1) e lenticulares (2), e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 40, observam-se os grãos de amido de trigo em estado isolado de formatos circulares (1) e lenticular (2). Na imagem B, na curta profundidade de campo da lente de maior aumento do microscópio, observam-se o sistema de estratificação com estrias concêntricas (círculo) nos grãos circulares (1). O sistema de estratificação com estrias e o hilo são características pouco perceptíveis nos grãos de amido de trigo.

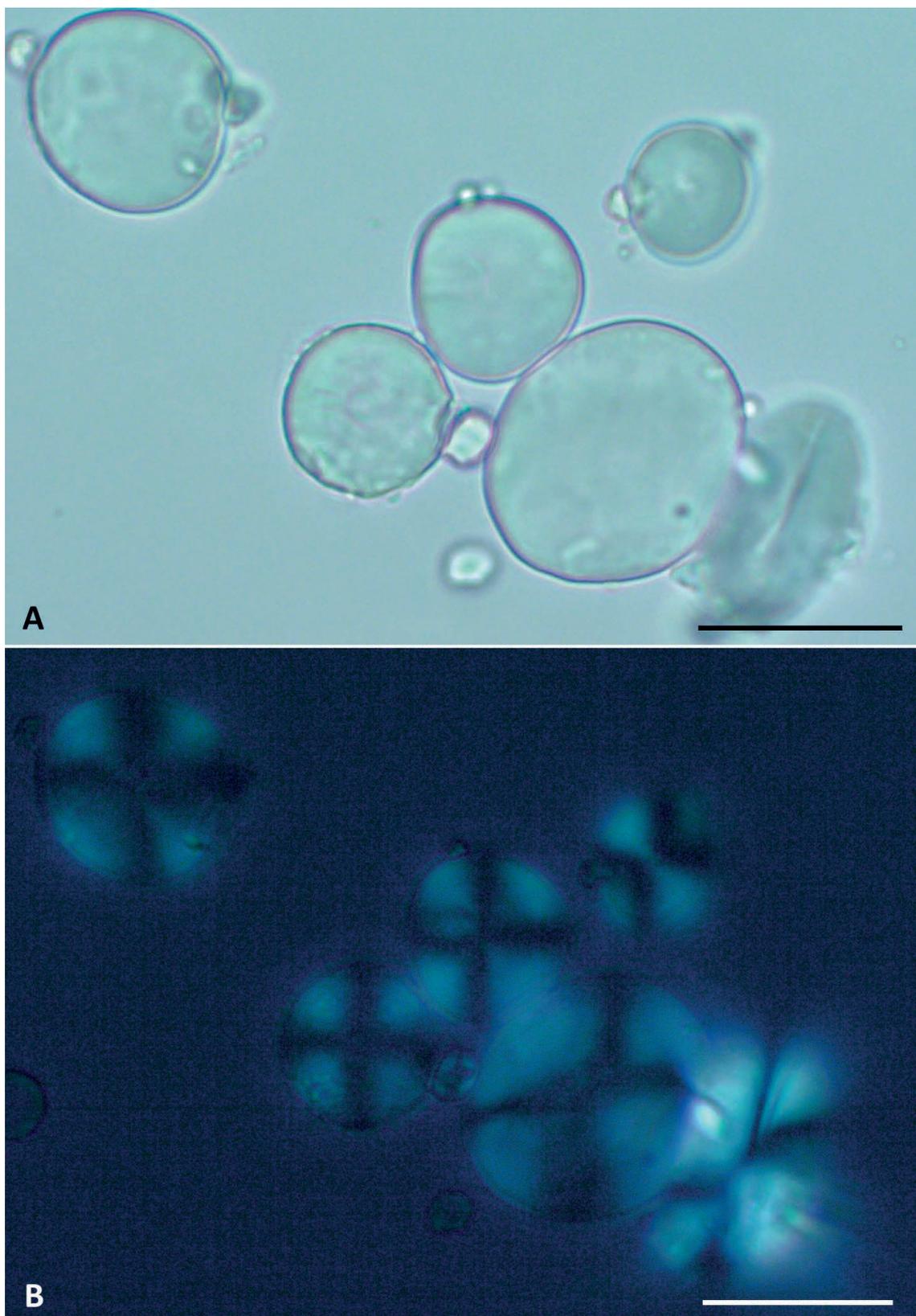


Figura 41. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.). (A) Grãos isolados de diferentes formatos em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, na imagem A da figura 41, os grãos de amido trigo de diferentes formatos em campo claro; na imagem B, sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra.

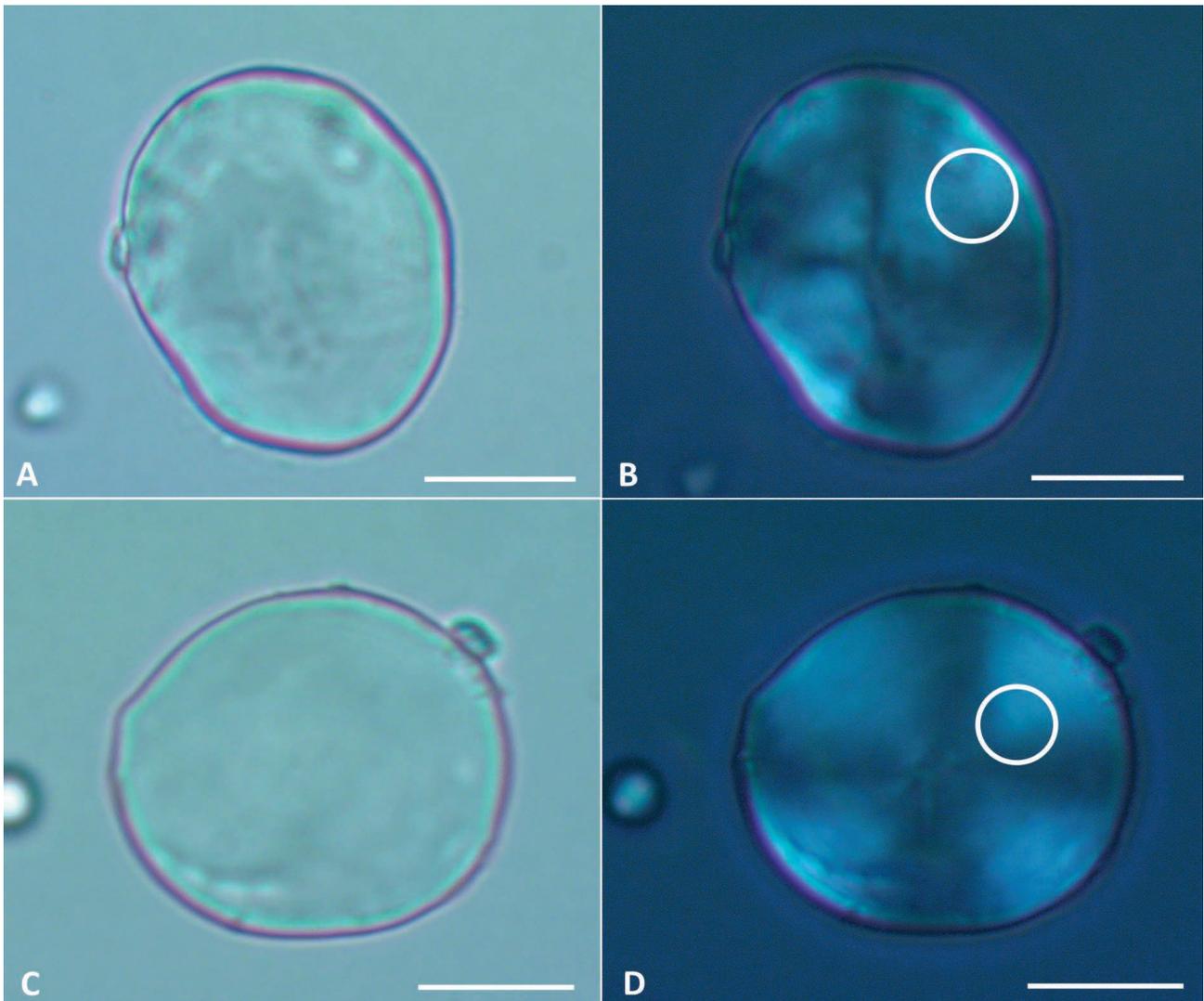


Figura 42. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.). (A-C) Grãos circulares em campo claro. **(B-D)** Sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na figura 42, observam-se nas imagens A e C os grãos de amido de trigo circulares em campo claro, com estrias concêntricas pouco perceptíveis. Nas imagens B e D, sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra, sendo possível perceber o sistema de estratificado com estrias concêntricas (círculo).

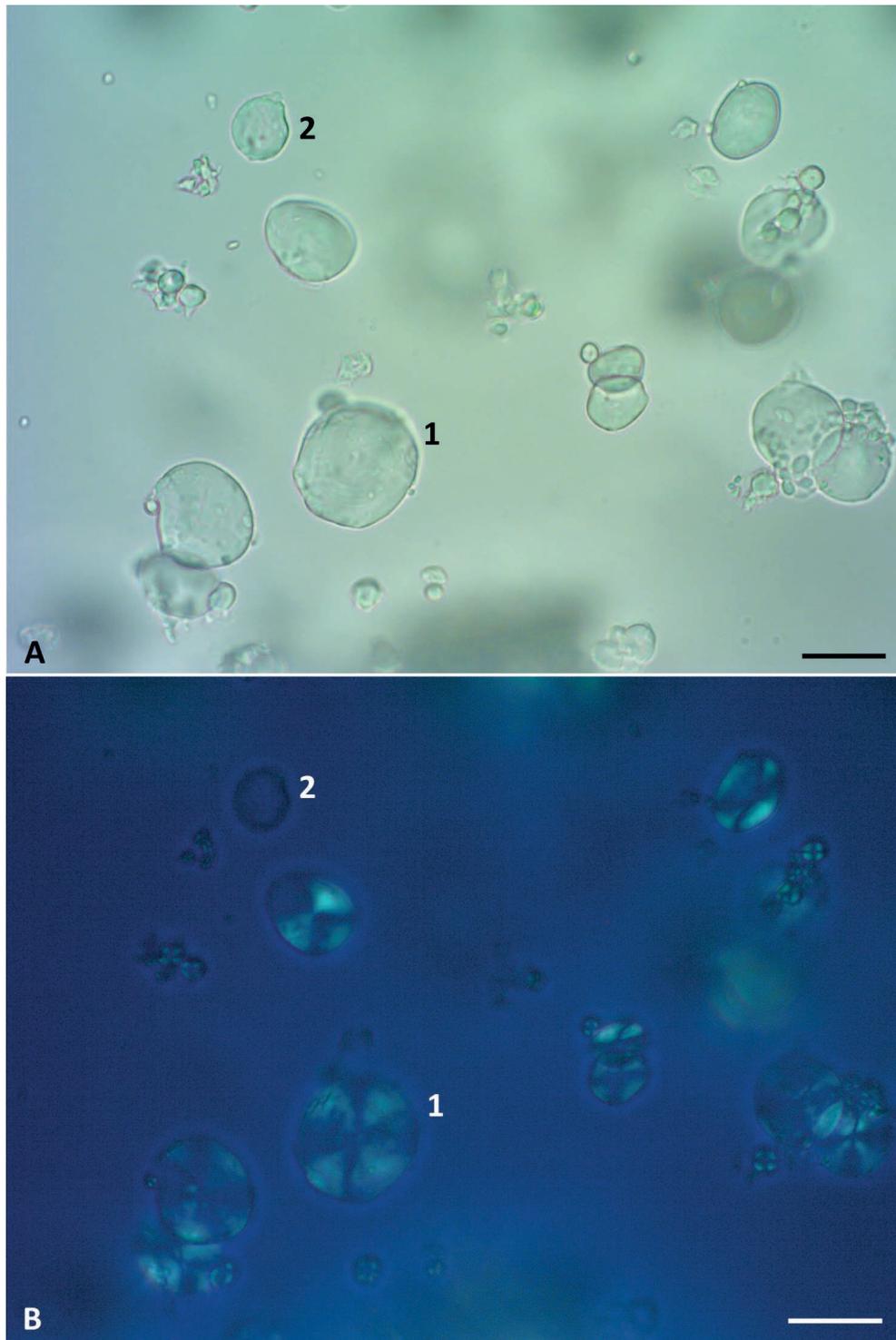


Figura 43. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos intumescendo (1) e gelatinizado (2). **(B)** Sob luz polarizada, cruz de Malta negra pouco perceptível em grão intumescendo (1) e não revelada em grão gelatinizado. Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 43 apresenta o processo de gelatinização dos grãos de amido de trigo. Observam-se, na imagem A, grão intumescendo (1) e grão gelatinizado (2). Na imagem B observa-se, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra pouco perceptível em grão intumescendo (1) e não revelada no grão gelatinizado (2).

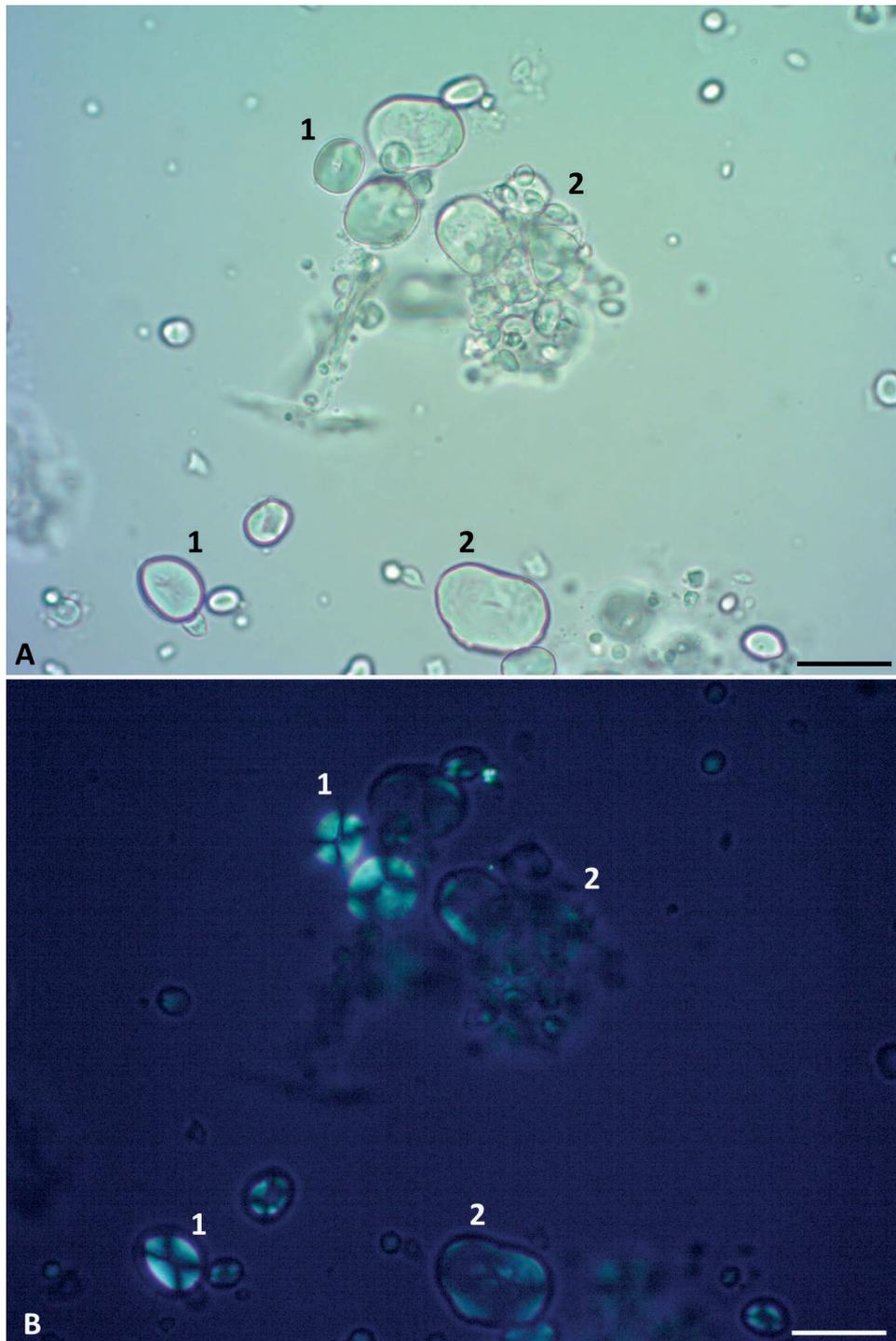


Figura 44. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (1) e grãos intumescendo (2). **(B)** Sob luz polarizada, cruz de Malta negra revelada em grãos inalterados (1) e não revelada em grãos gelatinizados (2). Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens da figura 44 apresentam os grãos de amido de trigo em processo de gelatinização em campo claro e sob luz polarizada. Na imagem A observam-se grãos inalterados (1) com as características diagnósticas preservadas, inclusive a cruz de Malta negra (1), revelada na imagem B, e grãos intumescendo (2) com perda parcial das características diagnósticas, inclusive da propriedade de birrefringência. Na imagem B, não se observa a cruz de Malta negra nestes grãos.

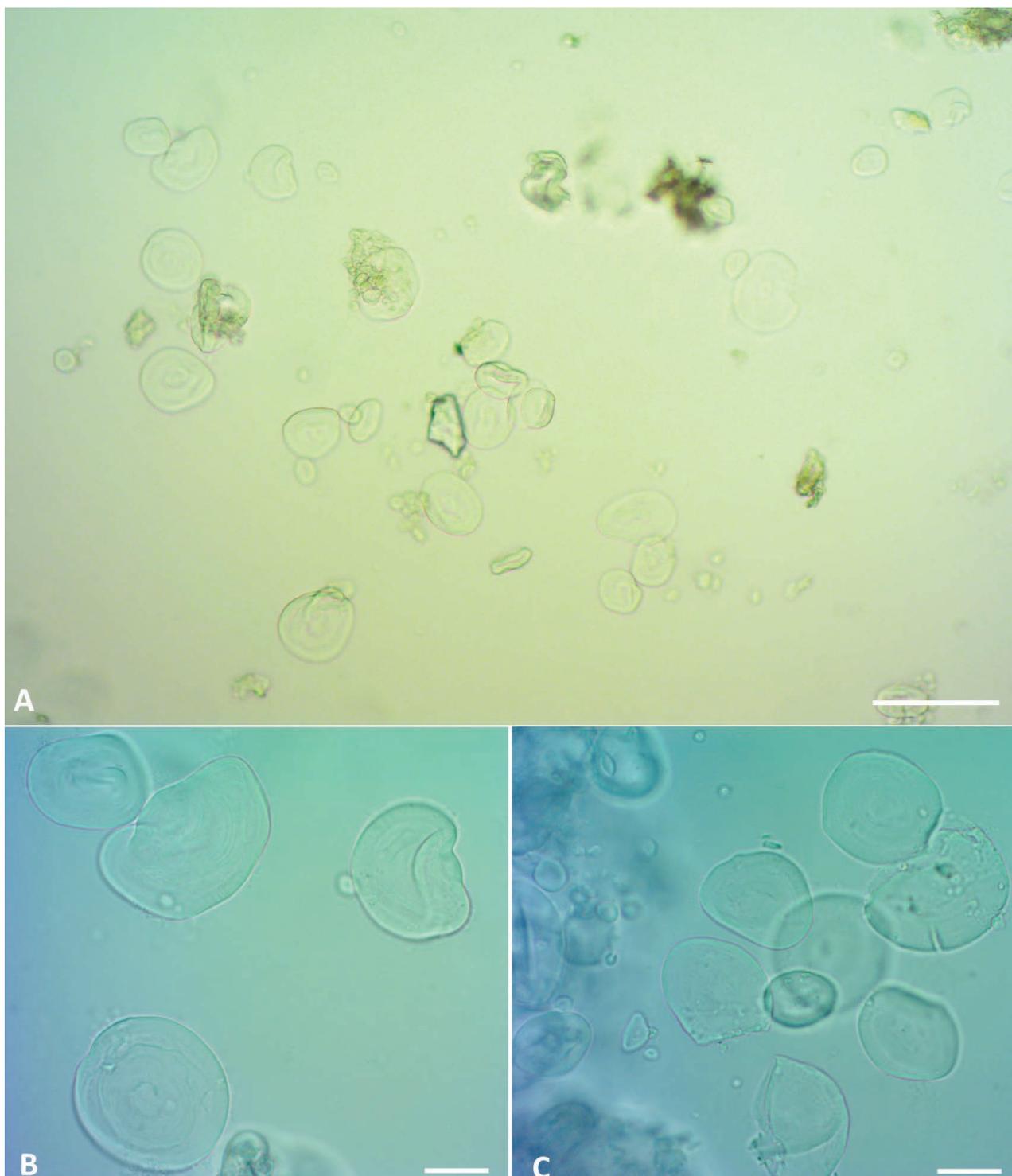


Figura 45. Grãos de amido de trigo (*Triticum aestivum* L.) gelatinizados em diferentes lentes de maior aumento do microscópio. Escala: (A) = 100 μ m; (B, C) = 20 μ m

Observam-se nas imagens da figura 45, em diferentes lentes de aumento do microscópio, os grãos de amido de trigo gelatinizados com perda da morfologia típica para identificação, observando-se apenas o contorno dos grãos.



2. ORDEM SOLANALES



FICHA DESCRITIVA

Ordem Solanales	Família	Solanaceae	Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)
		Convolvulaceae	Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.)

Ordem Solanales

É uma ordem de plantas das Angiospermas (plantas com flores, frutos e sementes), Eudicotiledôneas⁷, pertencente ao clado das Euasterídeas I. Na presente circunscrição taxonômica, engloba 5 (cinco) famílias com aproximadamente 165 gêneros e 4.000 a 7.000 espécies. As famílias atualmente incluídas em Solanales constituem agrupamentos monofiléticos (clados) que apresentam entre si relações filogenéticas. As principais famílias são Solanaceae e Convolvulaceae, consideradas famílias irmãs com base na sinapomorfia anatômica na presença de floema interno, presença de alcaloides quimicamente semelhantes e caracteres de cpDNA (JUDD *et al.*, 2009; MOBOT, 2023).

Família Solanaceae

É uma família de ervas, arbustos ou pequenas árvores, raramente lianas, frequentemente armadas, com folhas alternas simples, pinatisectas⁸ eventualmente, sem estípulas, margem inteira. Seus frutos são do tipo baga ou cápsula (SOUZA; LORENZI, 2019).

Possui distribuição cosmopolita concentrada na região neotropical com aproximadamente 150 gêneros e 3.000 espécies. No Brasil ocorrem 32 (trinta e dois) gêneros e 350 espécies. O maior gênero da família Solanaceae é *Solanum*, reconhecido pela presença de anteras porricidas. Pertencem a esta família diversas plantas de interesse econômico empregadas na alimentação, como batata (*Solanum tuberosum* L.), descrita nesta obra; além de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.), as pimentas e pimentão (*Capsicum* spp.), o jiló (*Solanum gilo*) e ainda espécies ornamentais. Muitas solanáceas, contudo, devem ser evitadas por acumularem alcaloides tóxicos, o que exige dos analistas cuidados adicionais na análise de produtos alimentícios derivados de espécies da família (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

⁷ Grupo de plantas das Angiospermas, as plântulas possuem dois cotilédones, flores com órgãos dispostos em verticilos e principalmente pela presença de grãos de pólen tricolpados ou deles derivados (BRESINSKY *et al.*, 2012).

⁸ Órgão foliáceo de nervação pinada, cujo limbo é dividido tão profundamente que os recortes chegam até a nervura principal (ALMEIDA; ALMEIDA, 2018).

2.1 BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

A parte usada da batata é um tubérculo. A planta é nativa da América do Sul, da Cordilheira dos Andes. Em 1570, aproximadamente, foi introduzida na Europa, e mais tarde, por volta de 1620, na América do Norte, onde tornou-se um alimento popular, sendo disseminada a outros países (SILVA; LOPES, 2015; WFO, 2023).

É um alimento energético rico em grãos de fécula. Contém vitaminas do complexo B, A, C, niacina e ácido fólico, além de minerais, como cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco, manganês, alumínio, lítio, cobalto, iodo, bromo, cloro, enxofre e boro. Podem ser consumidas cozidas, assadas, fritas ou ainda processadas na forma de farinha integral, refinada ou instantânea, flocos ou fécula, bem como na produção de sopas, macarrões, chips, pães de batata e batata palha (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Por não apresentar glúten⁹, representam uma opção de alimento desejável aos portadores da doença celíaca, porém demandam atenção redobrada da equipe de analistas para avaliar a presença eventual de outros amidos que contenham glúten, principalmente o trigo.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE BATATA

Os grãos de fécula de batata possuem diferentes tamanhos e formatos. Grãos maiores medem em média de 40µm a 100µm, e menores têm média de 10µm a 15µm. Possuem formato circular, elipsoide, e alguns truncados. Apresentam o hilo pontuado na extremidade do grão e o sistema de estratificação com estrias excêntricas marcantes. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

⁹ Para mais informações sobre o glúten, ver pág. 62.

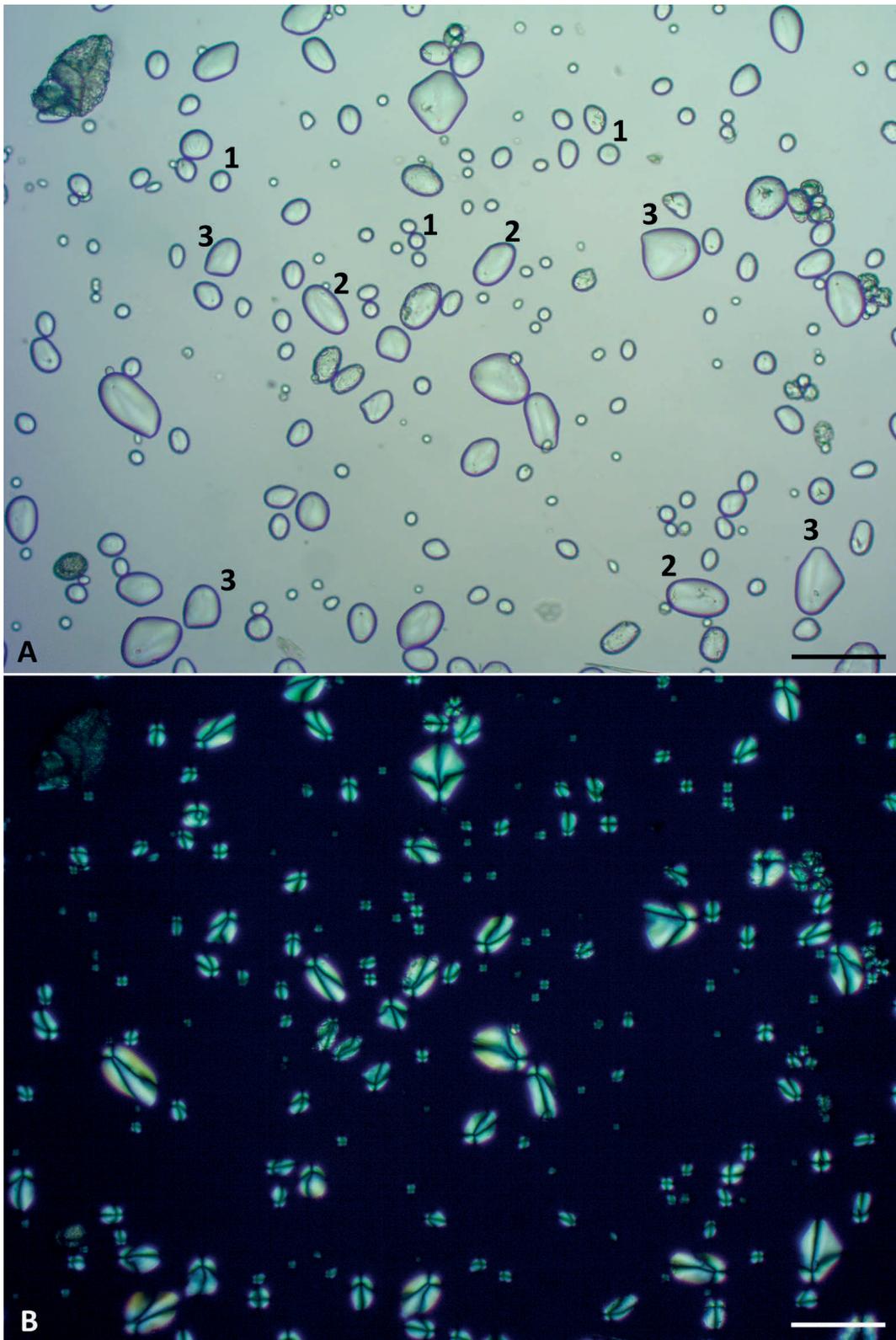


Figura 46. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.). (A) Grãos de formatos circulares (1), elipsoides (2) e truncados (3). **(B)** Sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 100 µm

As imagens da figura 46 apresentam os grãos de fécula de batata em seus diferentes tamanhos e formatos. Na imagem A, em campo claro, observam-se grãos circulares (1), elipsoides (2) e truncados (3). Na imagem B, sob luz polarizada, os grãos revelam a cruz de Malta negra.

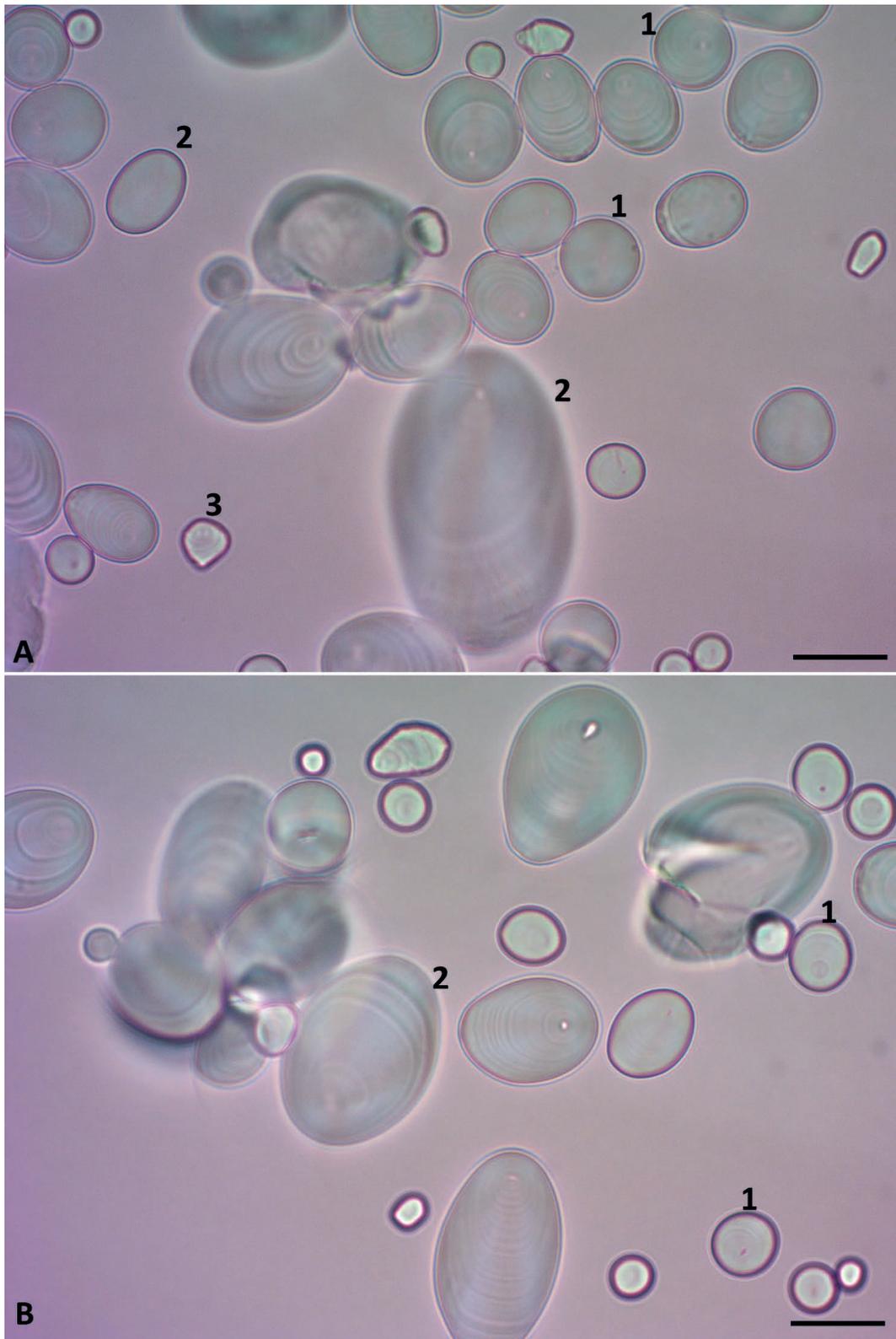


Figura 47. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.) em lentes de maior aumento do microscópio. (A-B) Grãos circulares (1), elipsoides (2) e truncados (3). Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens A e B da figura 47 apresentam os diferentes tamanhos e formatos dos grãos da fécula de batata em lentes de maior aumento do microscópio. Observam-se grãos circulares (1), elipsoides (2) e truncados (3).

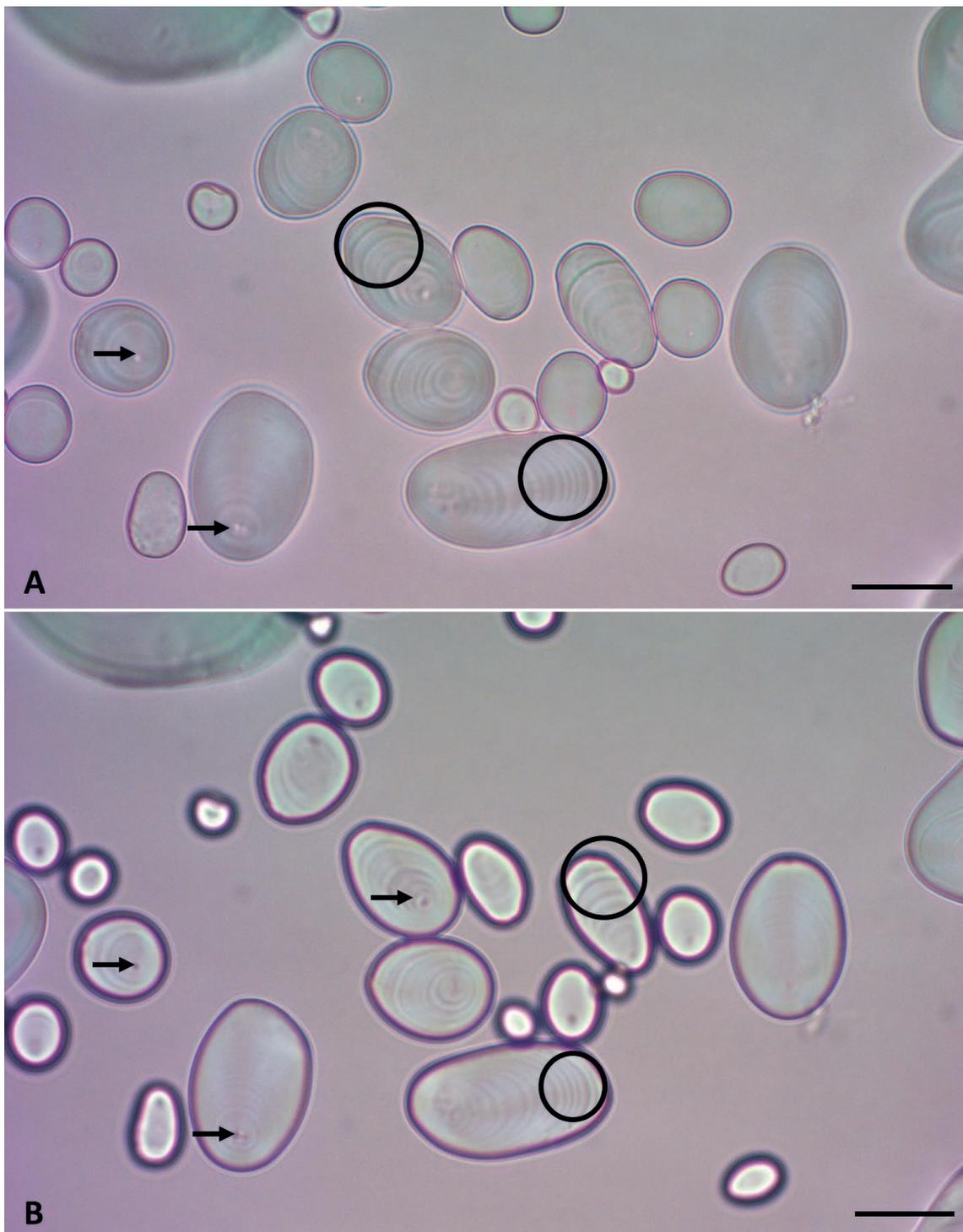


Figura 48. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.) mesmo campo, em diferentes planos de foco. (A-B) Estrias excêntricas marcantes (círculo) e hilo pontuado na extremidade (seta). Escala: (A, B) = 20 µm

As imagens A e B da figura 48 apresentam mesmo campo, em diferentes planos de foco. Observa-se o contorno do formato do grão mais escuro e marcante na variação de foco da imagem B. O sistema de estratificação com estrias excêntricas (círculo) marcantes e o hilo pontuado (seta) na extremidade do grão observam-se em ambas as imagens. A variação no plano de foco com ajuste fino pelo analista é uma ferramenta essencial para visualizar as diferentes características dos grãos.

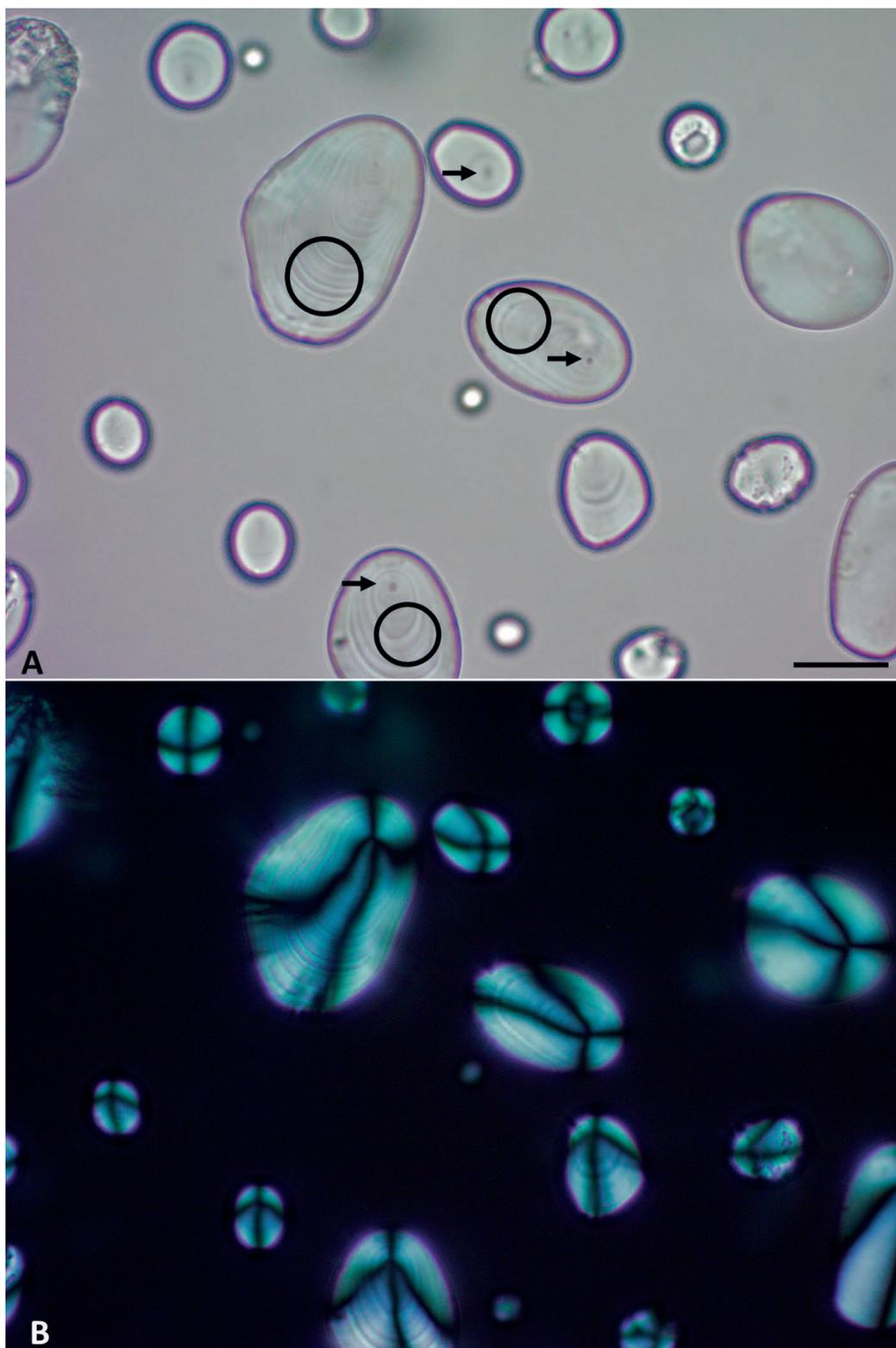


Figura 49. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.). (A) Hilo pontuado (seta) localizado na extremidade dos grãos e estrias excêntricas (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, grãos revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Na figura 49, observam-se na imagem A, em campo claro, os grãos de fécula de batata de diferentes formatos com o hilo pontuado (seta), localizado na extremidade dos grãos, e estrias excêntricas (círculo) marcantes. Na imagem B, sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra.

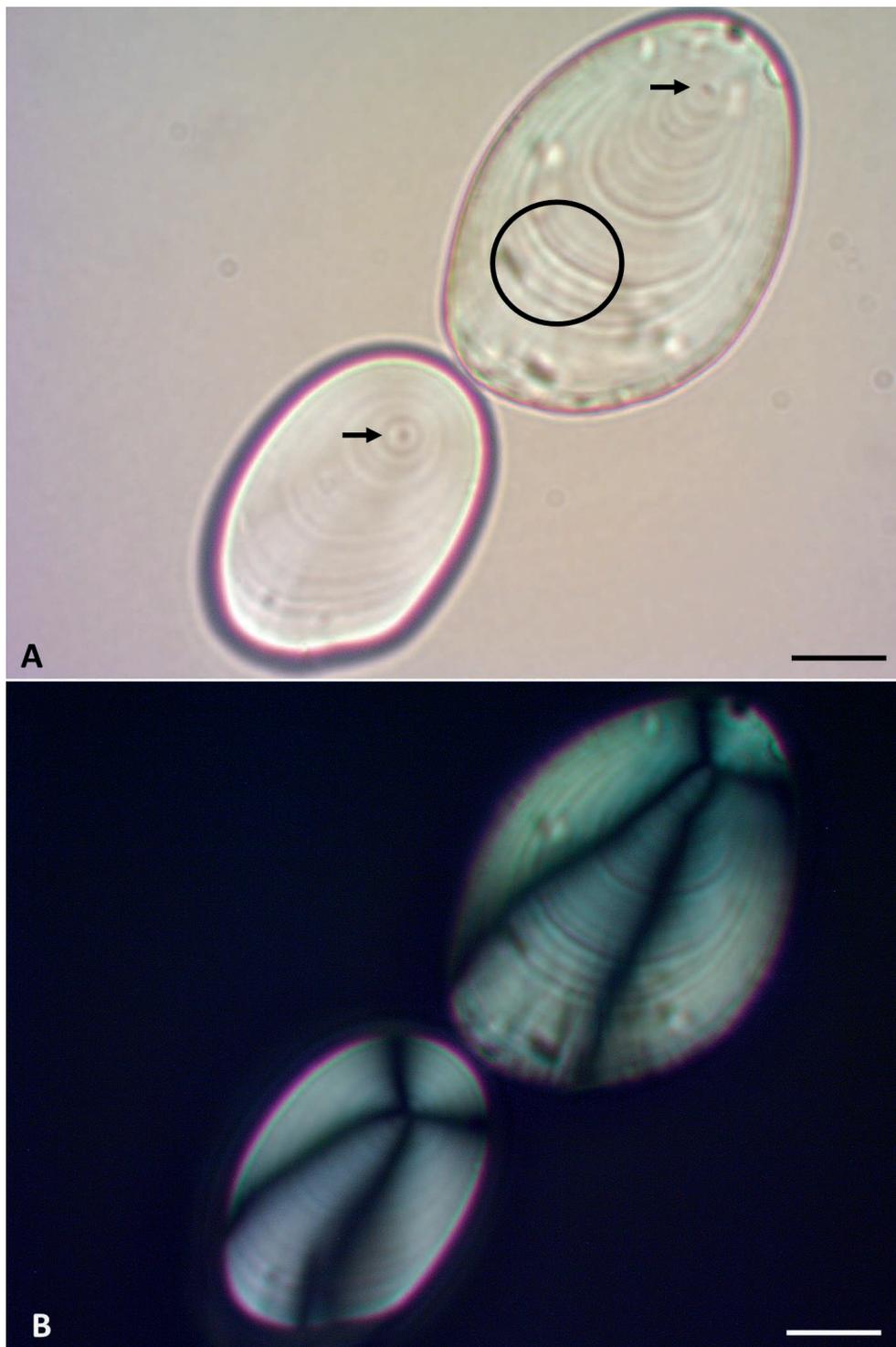


Figura 50. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.) em lentes de maior aumento do microscópio. (A) Grãos elipsoides, com estrias excêntricas (círculo) marcantes e hilo pontuado (seta). (B) Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 10 μ m

A figura 50 apresenta os grãos de fécula de batata com as características diagnósticas descritas anteriormente em lentes de maior aumento do microscópio. Na imagem A, em campo claro, observam-se grãos elipsoides, com estrias excêntricas (círculo) marcantes e hilo pontuado (seta) nas extremidades dos grãos. Na imagem B, a birrefringência, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra.

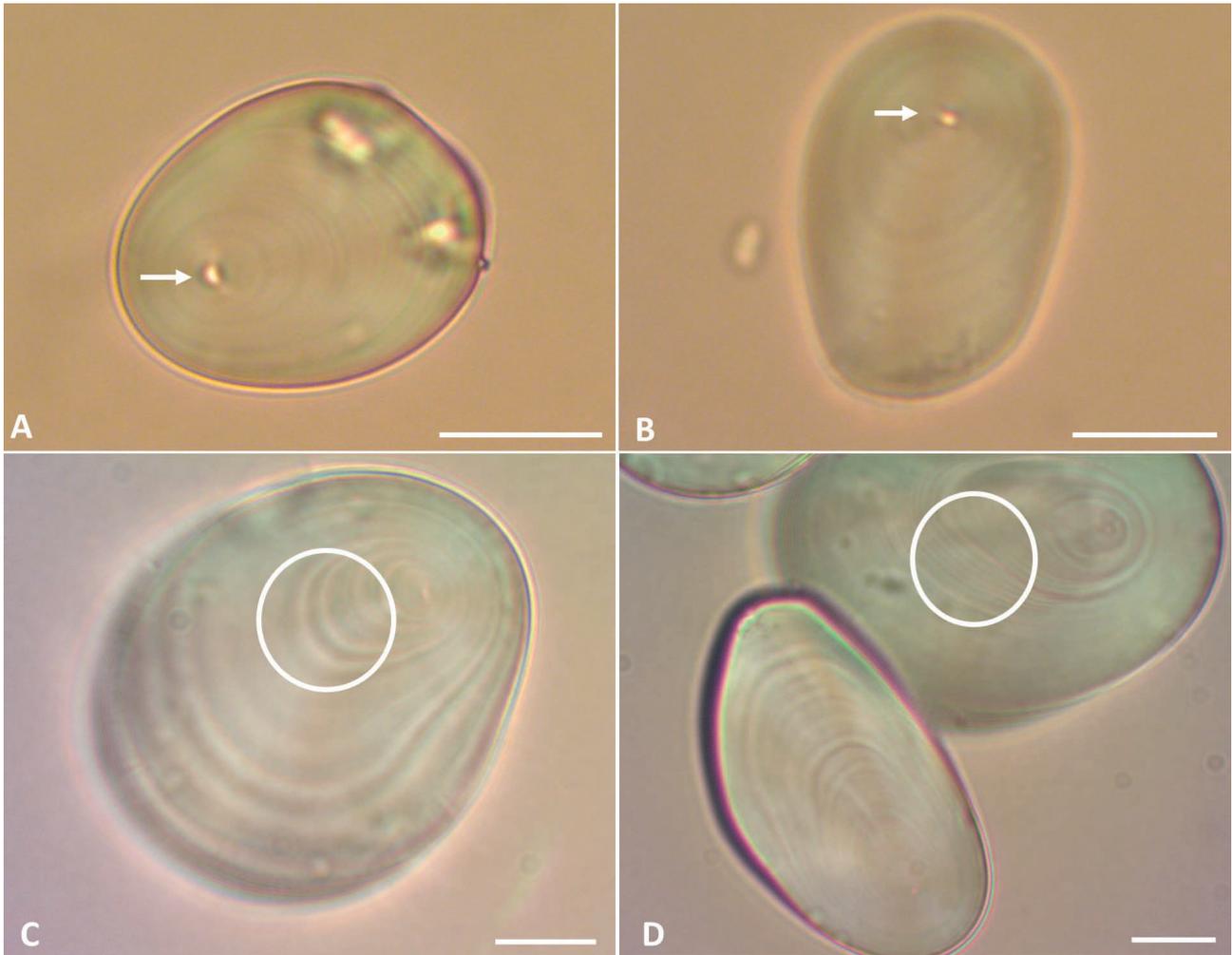


Figura 51. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.). (A-B) Hilo de formato pontuado posicionado na extremidade dos grãos (seta). (C-D) Estrias excêntricas (círculo) marcantes. Escala: (A, B) = 10 μ m

Na figura 51, destacam-se, nas imagens A e B, o hilo de formato pontuado posicionado na extremidade dos grãos (seta); nas imagens C e D, o sistema de estratificação com estrias excêntricas (círculo) marcantes.

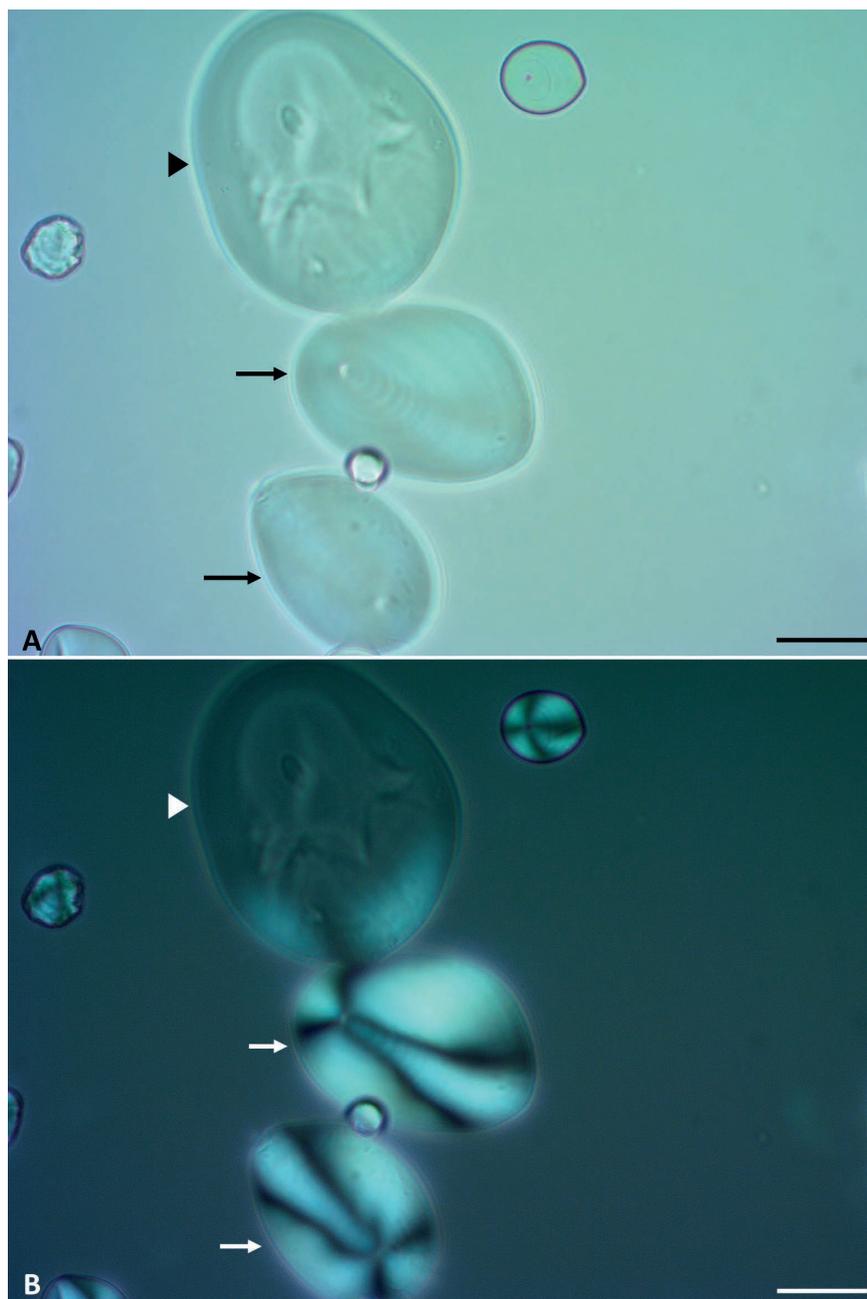


Figura 52. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (seta) e Grão intumescendo (cabeça de seta). **(B)** Sob luz polarizada, vê-se a cruz de Malta negra nos grãos inalterados (seta) e não revelada no grão intumescendo (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens da figura 52 apresentam o processo de gelatinização dos grãos de fécula de batata. Na imagem A, observam-se no grão intumescendo (cabeça de seta) as características de hilo e estrias se fundindo, iniciando processo de gelatinização; nos grãos inalterados (seta), observam-se a permanência das características. Na imagem B, sob luz polarizada, somente grãos inalterados (seta) com a propriedade de birrefringência preservada revelam a cruz de Malta negra; grão intumescendo (cabeça de seta) não revela. De maneira geral, grãos maiores tendem a gelatinizar¹⁰ mais rapidamente.

¹⁰ Definição no tópico Introdução, pág. 12.

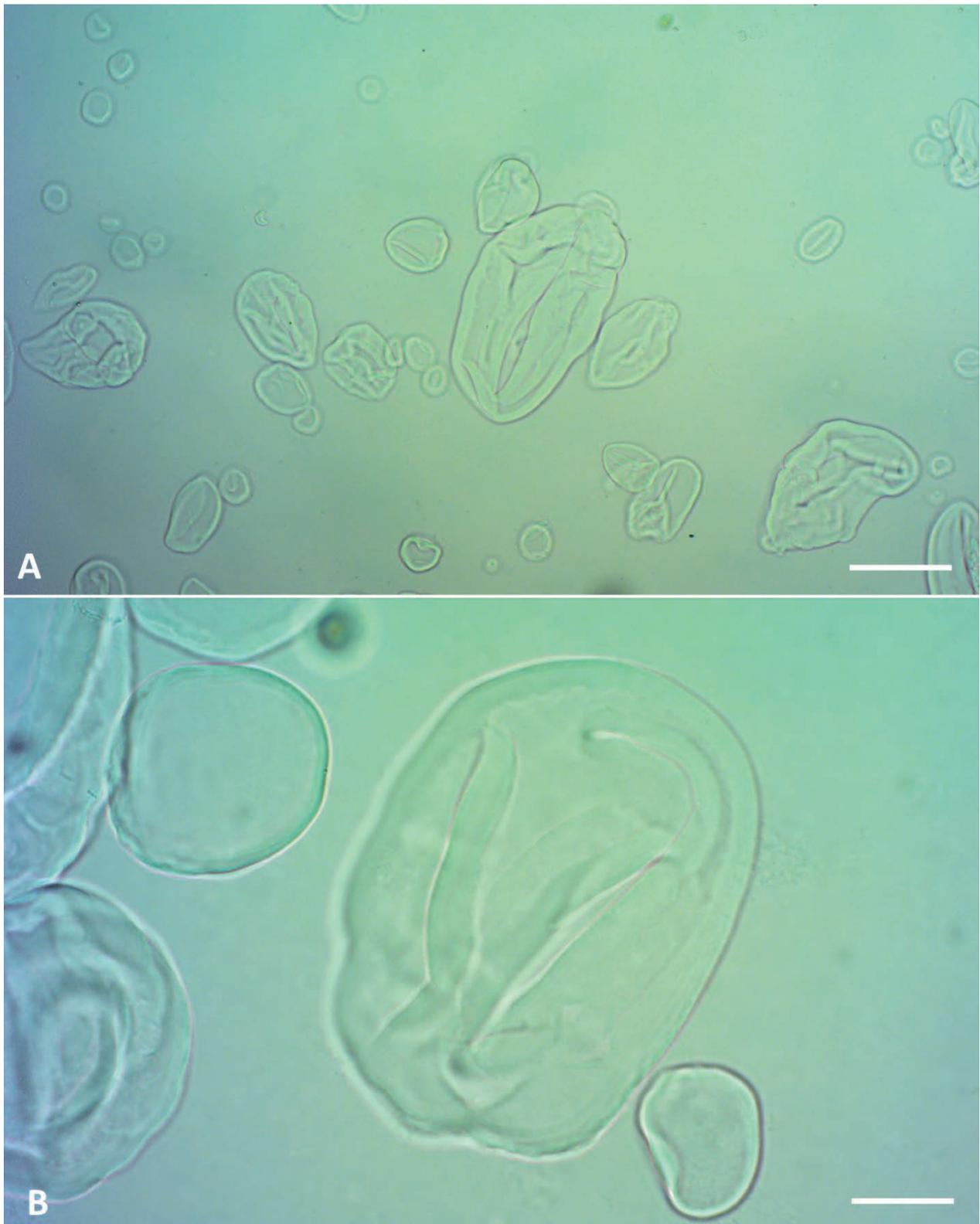


Figura 53. Grãos de fécula de batata (*Solanum tuberosum* L.) gelatinizados em diferentes lentes de aumento do microscópio. Escala: (A) = 100 μm ; (B) = 20 μm

Observam-se nas imagens da figura 53, em diferentes lentes de aumento do microscópio, os grãos de fécula de batata gelatinizados com perda da morfologia típica para identificação, permanecendo perceptível apenas o contorno do formato.

Família Convolvulaceae

É uma família de ervas ou subarbustos, frequentemente lianas sem gavinhas, raramente holoparasitas afilas, às vezes latescentes, folhas alternas, simples sem estípulas, margem inteira. Seus frutos são do tipo cápsula (SOUZA; LORENZI, 2019).

Possui distribuição cosmopolita, porém são mais diversas em regiões tropicais e subtropicais; com aproximadamente 55 (cinquenta e cinco) gêneros e 2.000 espécies. No Brasil, ocorrem aproximadamente 18 (dezoito) gêneros com cerca de 300 espécies. Entre as espécies de interesse econômico, destacam-se a batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), descrita nesta obra, além das ornamentais azulzinha (*Evolvulus glomeratus* Nees & Mart.) e gota-de-orvalho (*Evolvulus pusillus* Choisy) (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

2.2 BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.)

A batata-doce é uma planta tropical, cuja parte usada é sua raiz, de grande importância mundial e imprescindível na cultura alimentar. É originária da América Central e do norte da América do Sul. Embora seja cultivada em todos os estados do Brasil, Bahia, Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os estados que mais a produzem (ECHER, 2021; WFO, 2023).

É altamente energética, rica em açúcares e grãos de fécula, contém sais minerais, como potássio, cálcio e ferro, e vitaminas A, C e do complexo B. São empregadas na alimentação de humanos e ração de animais. Podem ser consumidas cozidas, assadas, fritas; ou ainda processadas em farinhas, farelo e fécula utilizados na fabricação de diferentes produtos, como pão, biscoitos, tortas, bolos e pudins (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Estudos recentes evidenciam as qualidades nutricionais da batata-doce, como o baixo índice glicêmico, o alto conteúdo de fibras e a diversidade de vitaminas. Devido a essas características, atualmente a batata-doce está presente em quase todos os planos de dietas, com grande incentivo ao consumo pelos influenciadores das redes sociais, com aumento da demanda por vegetarianos e veganos, que reflete em um crescente consumo nos últimos anos (ECHER, 2021).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE BATATA-DOCE

Os grãos de fécula de batata-doce se apresentam em estado isolado de diferentes tamanhos e formatos. Medem em média de 2µm a 30µm, raramente até 50µm. Possuem formato circular, alguns de contorno irregular e truncados. Apresentam hilo pontuado, posicionado no centro ou na extremidade dos grãos. Apresentam o sistema de estratificação com estrias marcantes. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra. São semelhantes aos da mandioca, mas possuem maior número de formas com estrias e hilo mais marcantes.

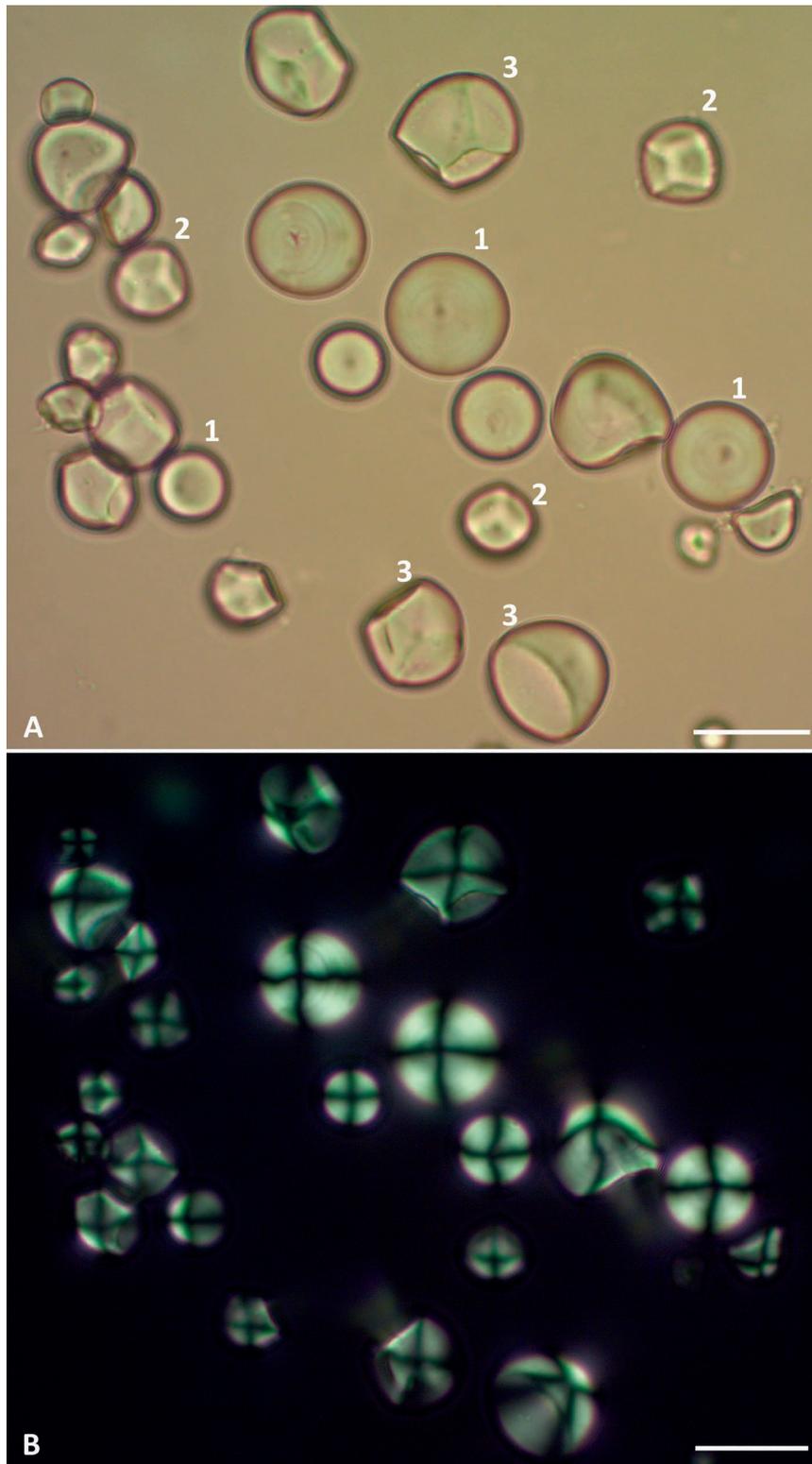


Figura 54. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). (A) Grãos de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e truncados (3) em campo claro. **(B)** Sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se na imagem A da figura 54 os diferentes formatos dos grãos de fécula de batata-doce como circulares (1), de contorno irregular (2) e truncados (3). Na imagem B, sob luz polarizada, a birrefringência revela a cruz de Malta negra.

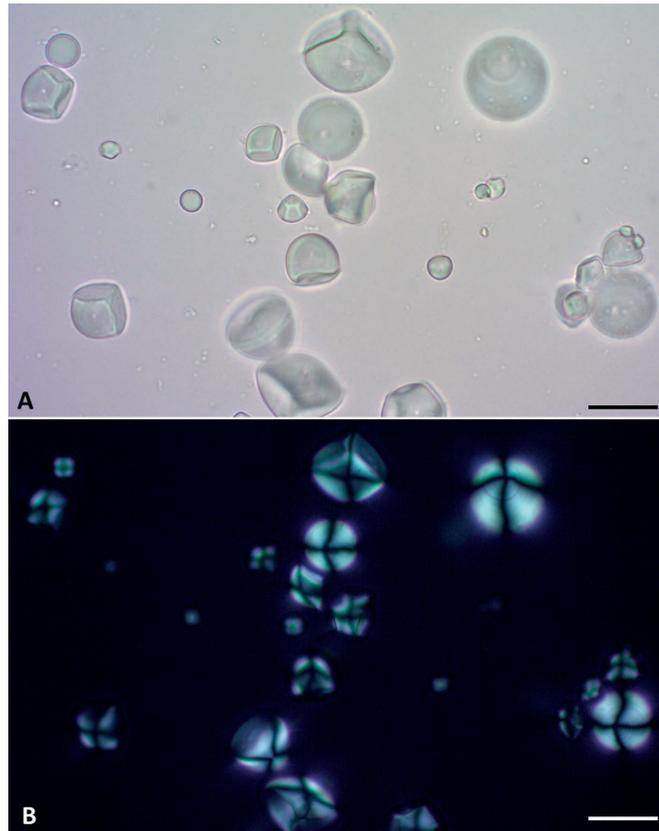


Figura 55. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). (A) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos em campo claro. (B) Sob luz polarizada, grãos revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

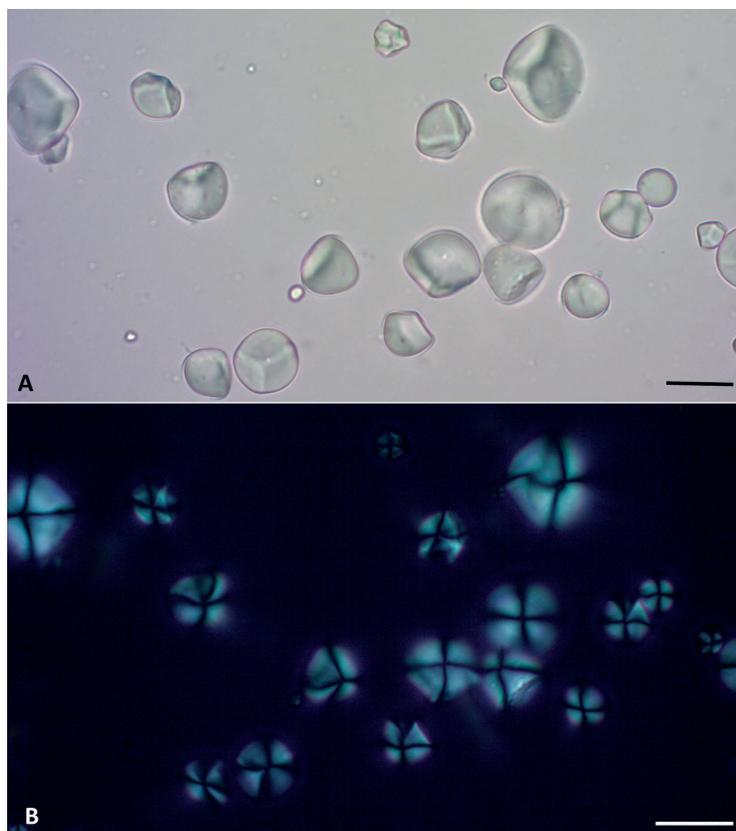


Figura 56. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). (A) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos em campo claro. (B) Sob luz polarizada, grãos revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens A das figuras 55 e 56 apresentam uma mistura de grãos de fécula de batata-doce em diferentes tamanhos e formatos em campo claro. As imagens B, sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra devido a propriedade de birrefringência.

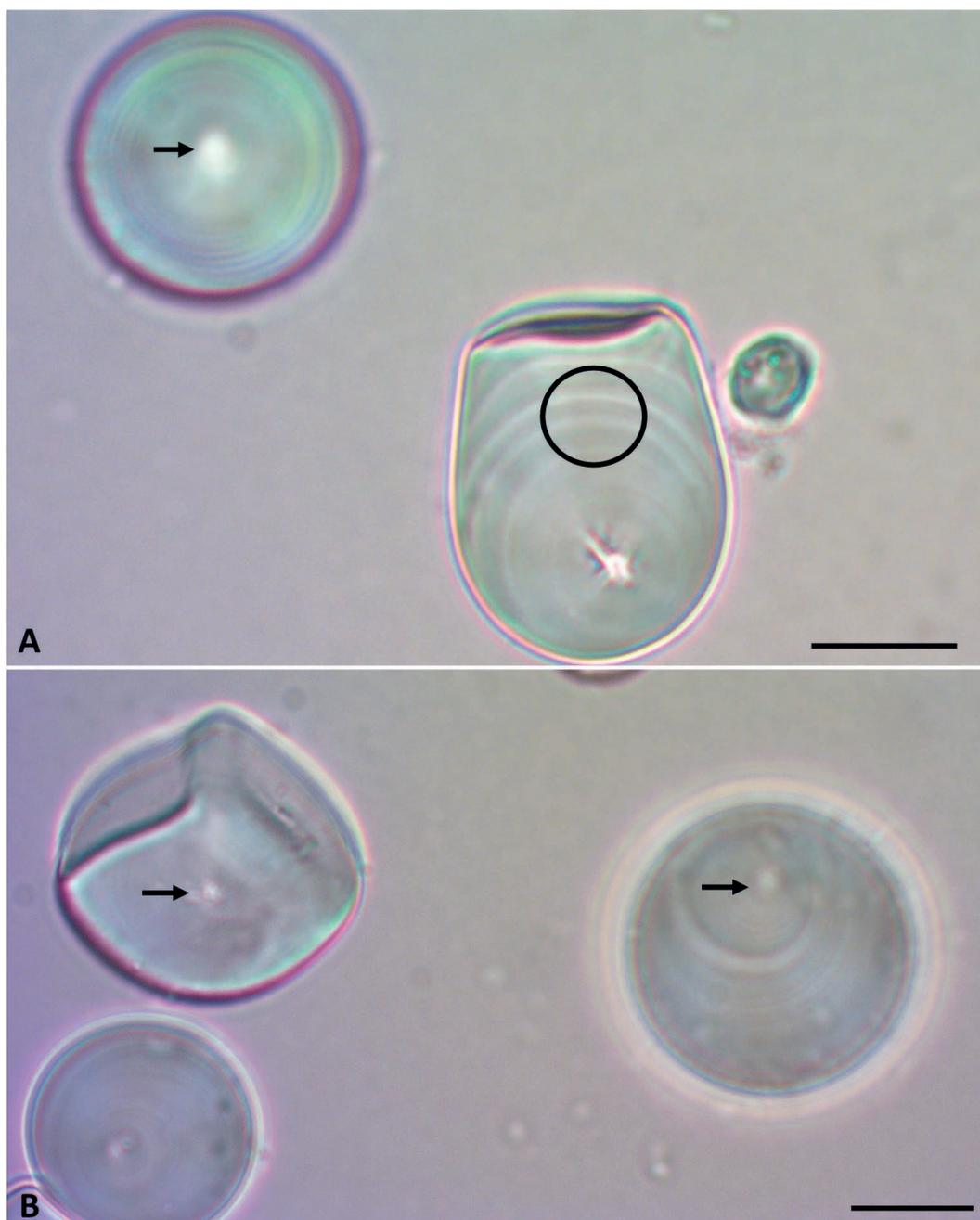


Figura 57. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Estrias (círculo) marcantes e hilo pontuado (seta) posicionado no centro ou extremidade dos grãos. Escala: (A, B) = 10 μ m

Nas imagens da figura 57, em lente de maior aumento do microscópio, observam-se nitidamente o sistema de estrias (círculo) marcantes e o hilo pontuado (seta) posicionado no centro ou na extremidade dos grãos. Ressaltamos a importância de observar em diferentes lentes de aumento do microscópio para visualizar as características diagnósticas necessárias para a identificação.

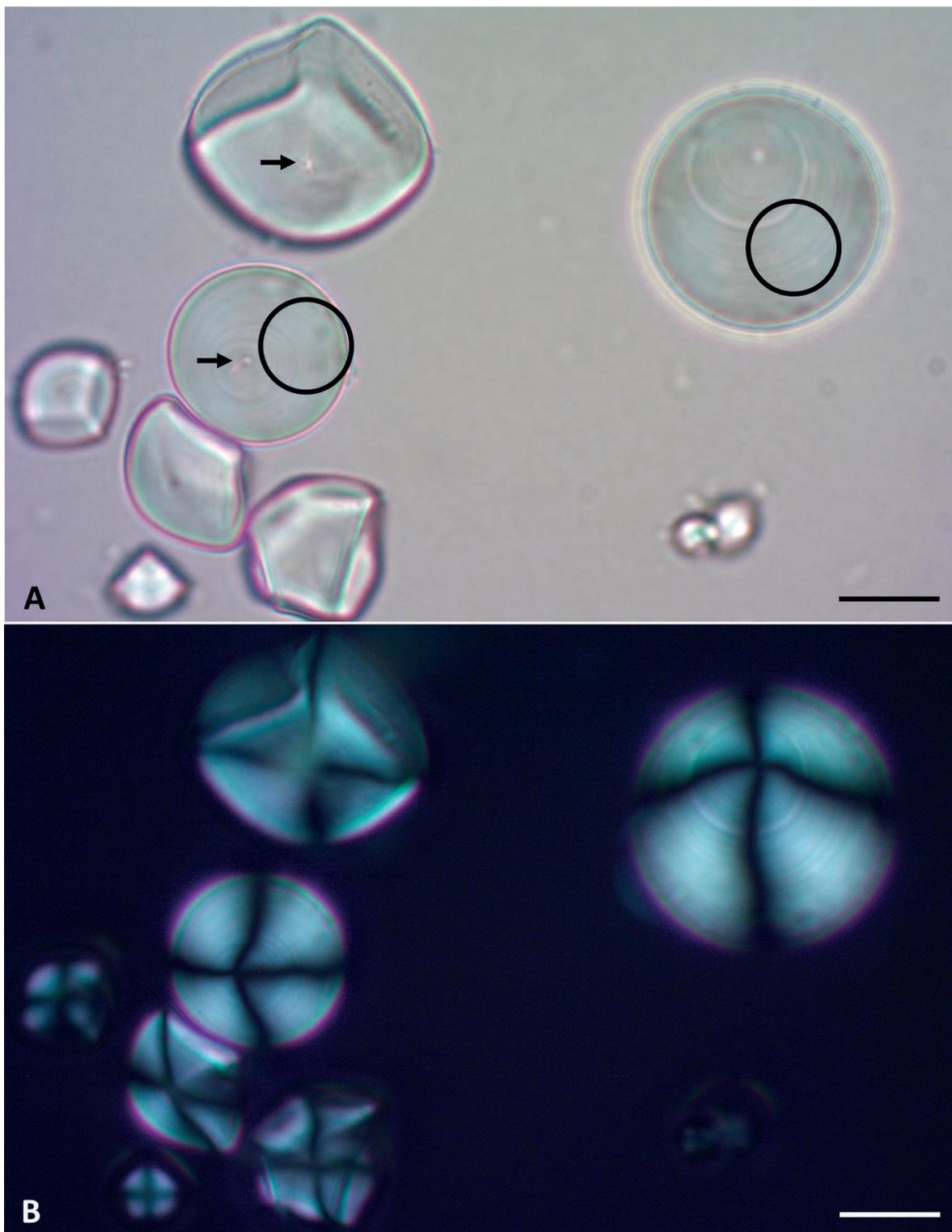


Figura 58. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em lente de maior aumento do microscópio. (A) Estrias (círculo) marcantes e hilo pontuado (seta) posicionado no centro ou extremidade dos grãos. (B) Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 10 μ m

Em lente de maior aumento do microscópio, observam-se na imagem A da figura 58 o sistema de estratificação com estrias (círculo) marcantes e o hilo de formato pontuado (seta) posicionado no centro ou na extremidade dos grãos. A imagem B, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra.

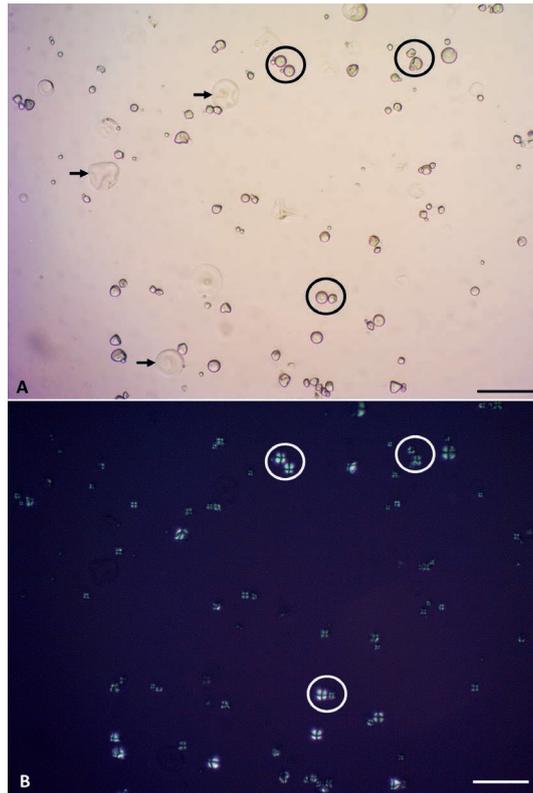


Figura 59. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada, os grãos inalterados (círculo) revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 100 μ m

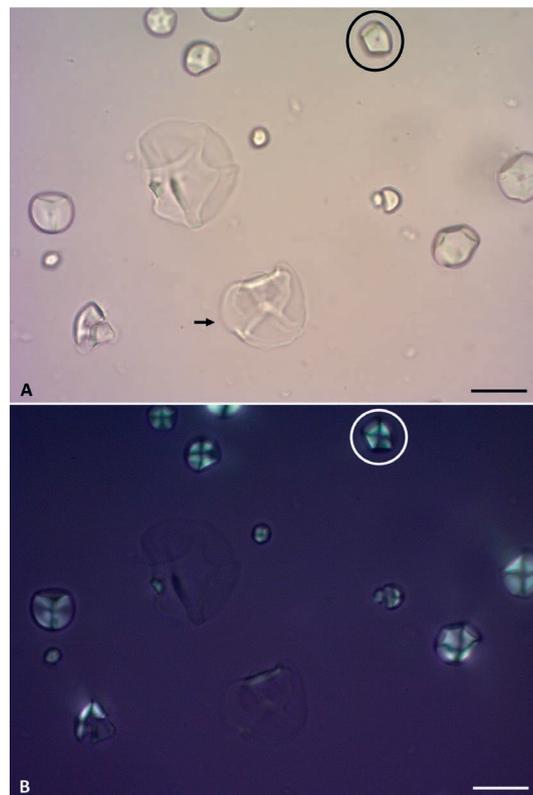


Figura 60. Grãos de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada, os grãos inalterados (círculo) revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

As figuras 59 e 60 apresentam os grãos de batata-doce em diferentes lentes de aumento do microscópio em processo de gelatinização. Nas imagens A, observam-se grãos inalterados (círculo) com as características diagnósticas preservadas e grãos gelatinizados (seta) com a perda do formato, hilo, estrias e propriedade de birrefringência, não revelando a cruz de Malta negra sob luz polarizada. Observam-se nas imagens B, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra nos grãos inalterados (círculo). Durante o processo de gelatinização, os grãos maiores gelatinizam mais rapidamente que os menores, perdendo a morfologia típica de identificação.



3. ORDEM MALPIGHIALES



FICHA DESCRITIVA

Ordem
Malpighiales

Família
Euphorbiaceae

Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Ordem Malpighiales

A ordem Malpighiales é uma das maiores e mais diversas ordens das Angiospermas (plantas com flores, frutos e sementes). Esta ordem integra 38 (trinta e oito) famílias com aproximadamente 716 gêneros e mais de 16.000 espécies. As principais famílias são Clusiaceae, Euphorbiaceae, Hypericaceae, Malpighiaceae, Passifloraceae, Phyllanthaceae, Rhizophoraceae, Salicaceae e Violaceae (JUDD *et al.*, 2009; MOBOT, 2023).

Família Euphorbiaceae

A família Euphorbiaceae apresenta ervas, arbustos, árvores ou lianas, afilas e semelhantes a cactáceas, geralmente com látex e às vezes espinescentes, folhas alternas raramente opostas ou verticiladas, simples ou menos frequentemente compostas com estípulas, margem inteira frequentemente com nectário extrafloral no pecíolo ou na face abaxial. Seus frutos são geralmente do tipo cápsula com descência elástica ou mais raramente dos tipos baga, drupa ou sâmara. As sementes apresentam usualmente arilo ou carúncula (SOUZA; LORENZI, 2019).

Esta família é amplamente distribuída, porém mais diversa em regiões tropicais com aproximadamente 300 gêneros e 6.000 espécies. No Brasil, ocorrem cerca de 70 (setenta) gêneros e 1.000 espécies, representando uma das principais famílias da flora brasileira e uma das mais complexas do ponto de vista taxonômico (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

Algumas espécies possuem interesse econômico, como a seringueira (*Hevea brasiliensis*), nativa da Amazônia, cuja exploração econômica foi inviabilizada após suas sementes terem sido levadas para a Ásia. Pertencem a esta família a mandioca, aipim ou macaxera (*Manihot esculenta* Crantz), descrita neste manual, além da mamona (*Ricinus communis*), espécie africana invasora de culturas no Brasil com sementes ricas em óleo de ampla aplicação na indústria medicinal. Diversas espécies são utilizadas como ornamentais, mas, por possuírem flores pouco vistosas, o aspecto ornamental é dado pelas brácteas ou pelas folhagens. Muitas *Euphorbiaceae* produzem sementes tóxicas, sendo comuns acidentes causados pela sua ingestão. O látex é cáustico e sérios problemas podem ocorrer em contato com olhos e mucosa (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

3.1 MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

A parte utilizada da mandioca é uma raiz tuberosa. É uma planta nativa da América do Sul, amplamente cultivada em todos os países tropicais. Esta espécie não é bem conhecida em seu estado puramente selvagem. É produzida por mais de 100 países, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. Essa raiz tuberosa é rica em fécula, constitui um dos mais importantes estoques do mundo, de grande importância na alimentação humana e animal, bem como matéria-prima para as indústrias (OLIVEIRA, 2011; MATTOS; FARIAS; FERREIRA FILHO, 2013; WFO, 2023).

A raiz pode ser consumida cozida ou processada para diferentes usos culinários, como fécula de mandioca, polvilho doce, polvilho azedo, tapioca, farinha de mandioca crua e farinha de mandioca torrada (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Variados pratos doces e salgados (bolos, biscoitos e outros) podem ser obtidos com a fécula de mandioca. A fécula é um pó fino sem cheiro e sabor, também conhecida como polvilho, que se difere pela acidez em polvilho doce ou azedo. O doce é obtido da mandioca em pequena escala e em unidades menos automatizadas, secas ao sol, enquanto o azedo é obtido de forma semelhante, passando por um processo de fermentação antes da decantação e secagem, derivando então a diferença da acidez. Farinha de mandioca é o produto obtido das raízes da mandioca sadia, limpas, maceradas, descascadas, trituradas, prensadas, desmembradas e peneiradas, secas a temperatura adequada, podendo ainda ser peneiradas novamente ou submetidas a torrefação (MATTOS; FARIAS; FERREIRA FILHO, 2013).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE MANDIOCA

Os grãos de fécula de mandioca se apresentam em estado isolado de diferentes tamanhos e formatos. Medem em média de 10µm a 35µm de diâmetro e possuem formato circular, de contorno irregular e truncados. Possuem hilo central de formato pontuado, radiado ou linear. Apresenta o sistema de estratificação com estrias concêntricas. A propriedade de birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

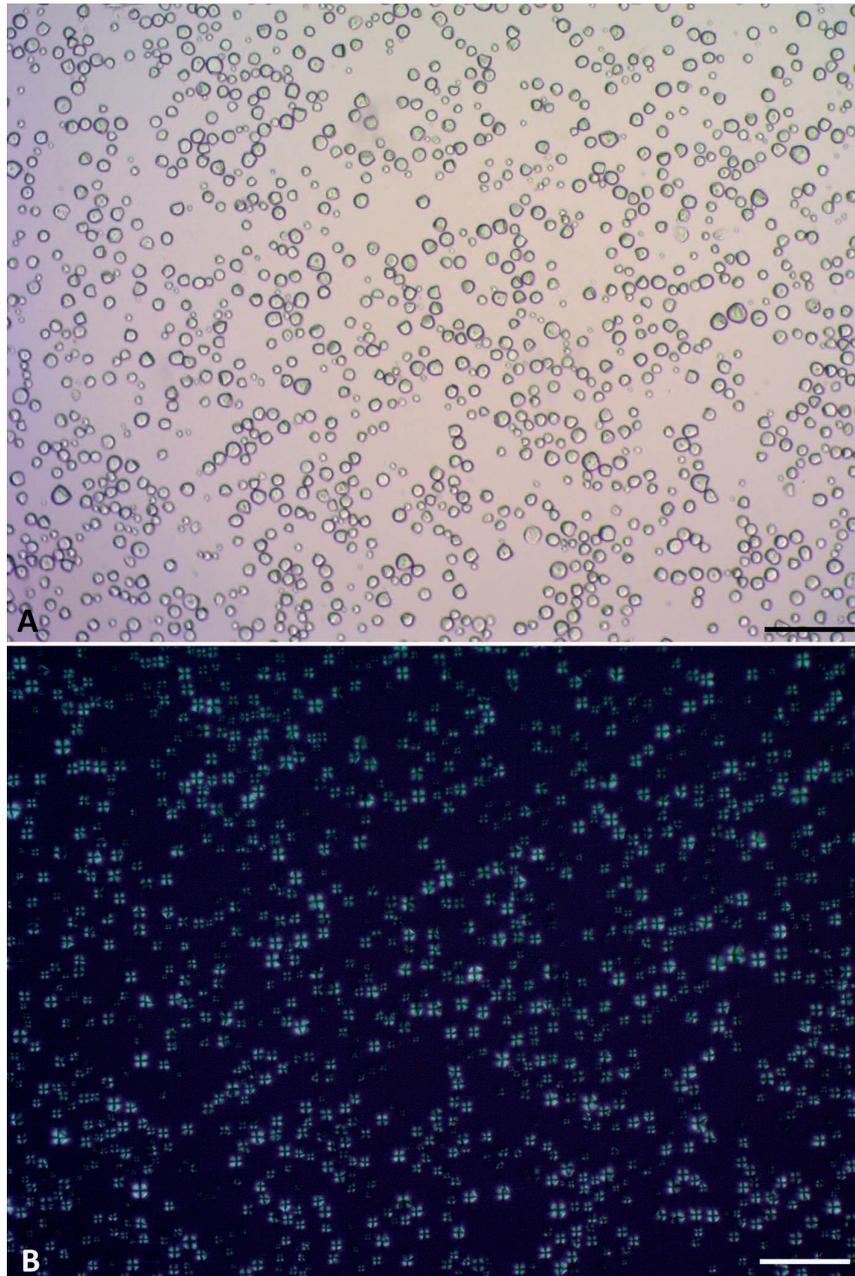


Figura 61. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). (A) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos. (B) Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 100 µm

Observa-se na imagem A da figura 61, uma mistura de grãos de fécula de mandioca de diferentes tamanhos e formatos. Na imagem B, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra.

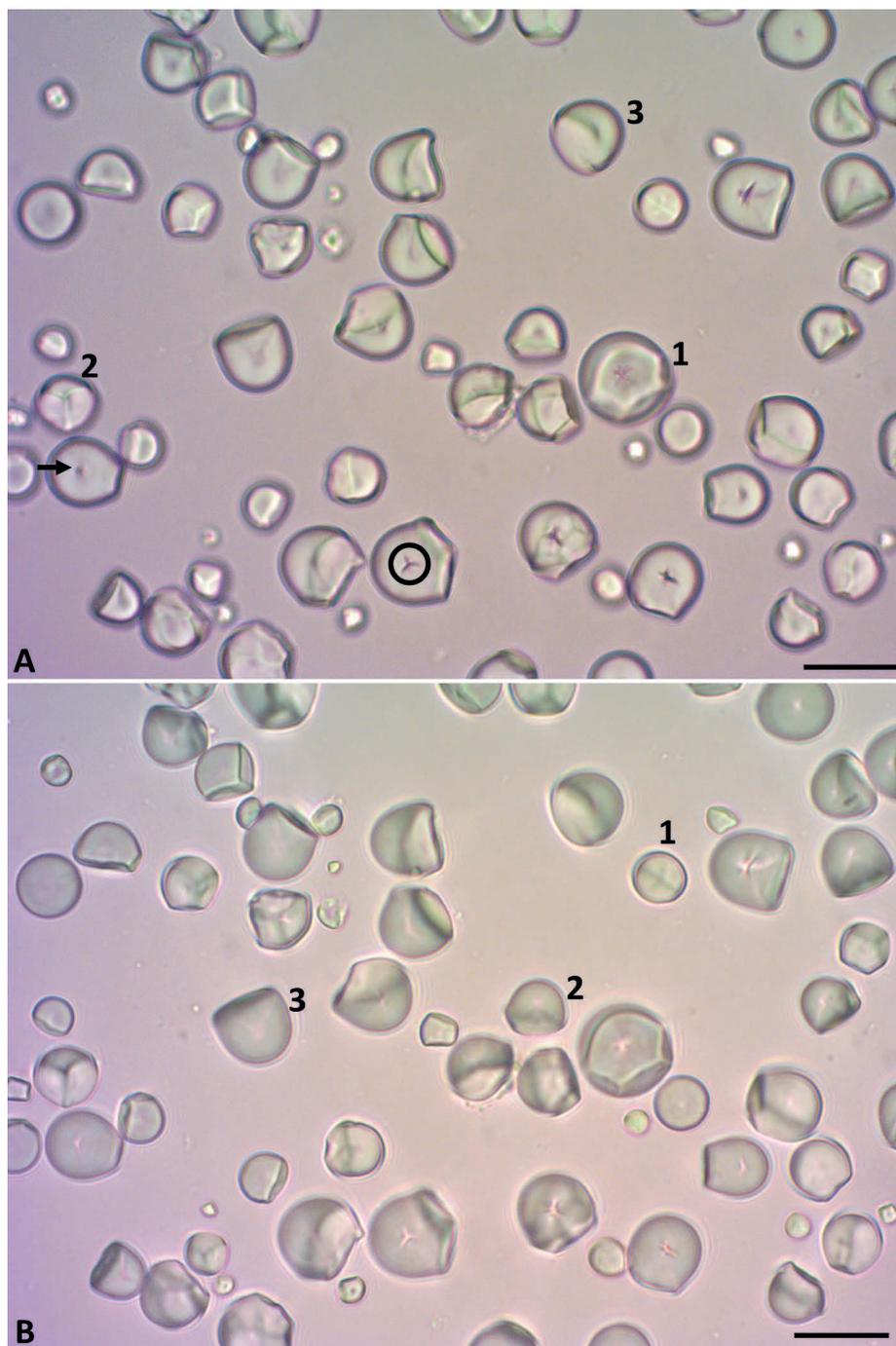


Figura 62. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em planos de foco diferentes. (A) Hilo central pontuado (seta) e radiado (círculo). **(A-B)** Grãos circulares (1), de contorno irregular (2) e truncados (3). Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens da figura 62 apresentam os grãos de fécula de mandioca na curta profundidade de lente de maior aumento do microscópio. Observam-se nas imagens A e B grãos de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e truncados (3). As imagens apresentam o mesmo campo, porém em planos de foco diferentes. Essa variação no foco nos permite observar as características diagnósticas internas, como hilo e estrias de forma diferente. Na imagem A, observam-se o hilo pontuado (seta) e radiado (círculo) mais escuro e marcante, ressaltando a importância de variar o plano de foco na microscopia.

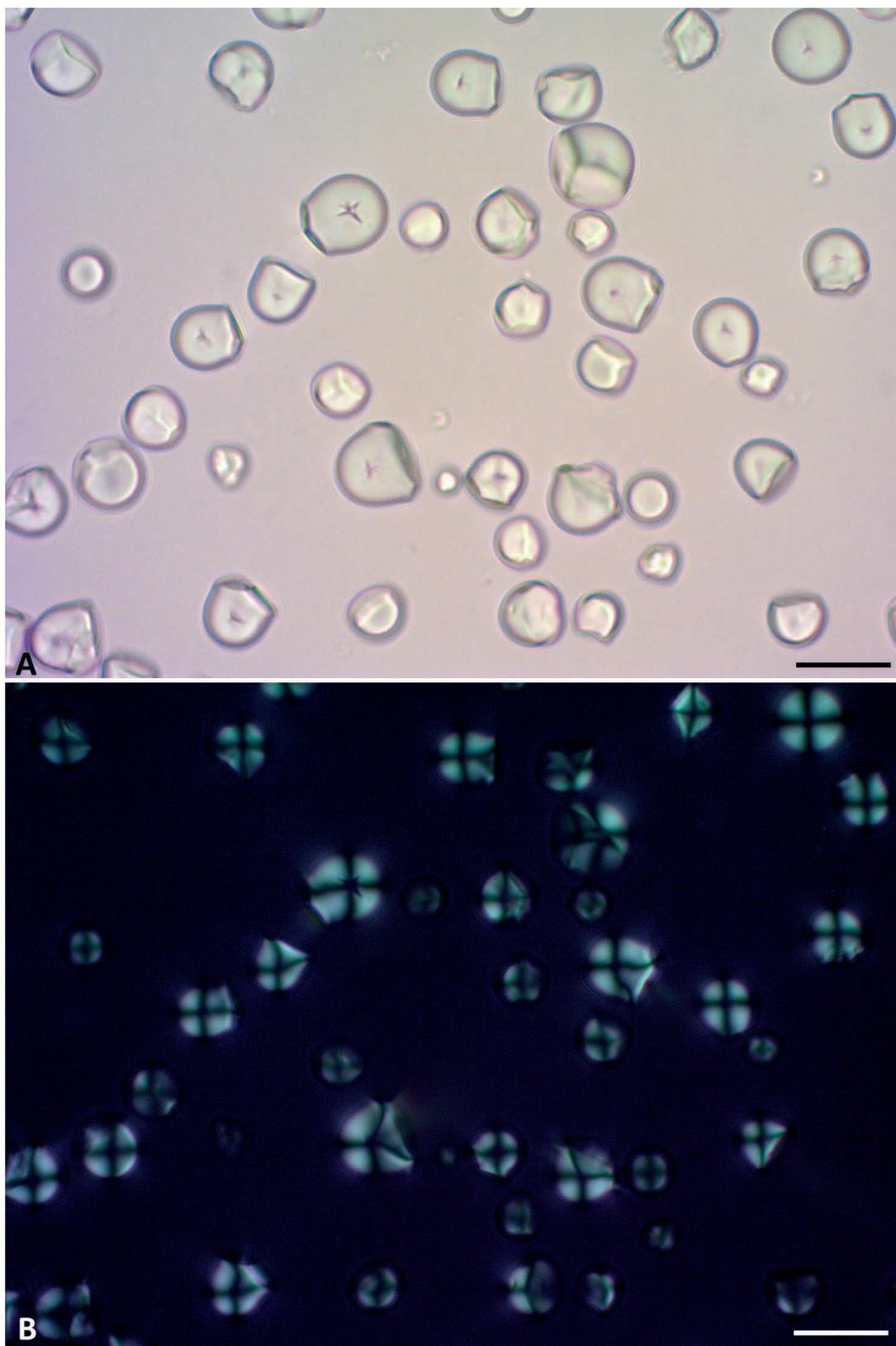


Figura 63. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). (A) Mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos em campo claro. (B) Sob luz polarizada, revela cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se na imagem A da figura 63 uma mistura de grãos de diferentes tamanhos e formatos em campo claro. Na imagem B, sob luz polarizada, estes revelam a cruz de Malta negra.

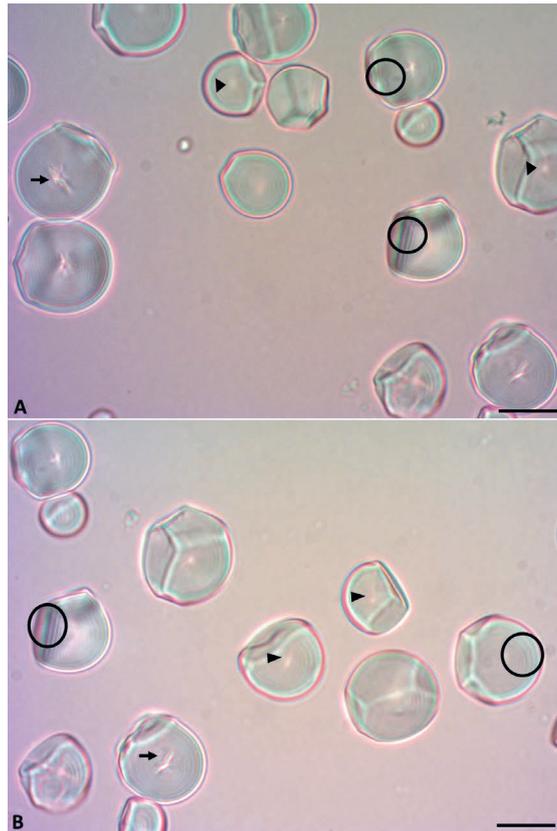


Figura 64. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). (A-B) Estrias concêntricas marcantes (círculo), hilo central pontuado (cabeça de seta) e radiado (seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

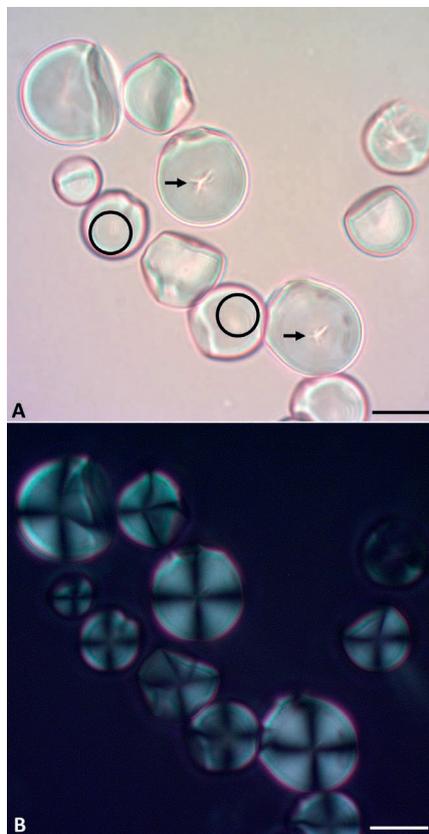


Figura 65. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). (A) Estrias concêntricas marcantes (círculo) e hilo central radiado (seta). (B) Sob luz polarizada, grãos revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 10 μ m

Em lente de maior aumento do microscópio, as características diagnósticas ficam mais evidentes. Nas imagens A e B da figura 64 e A da figura 65, observam-se o sistema de estrias concêntricas marcantes (círculo) com hilo central pontuado (cabeça de seta) e radiado (seta). A imagem B da figura 65, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra.

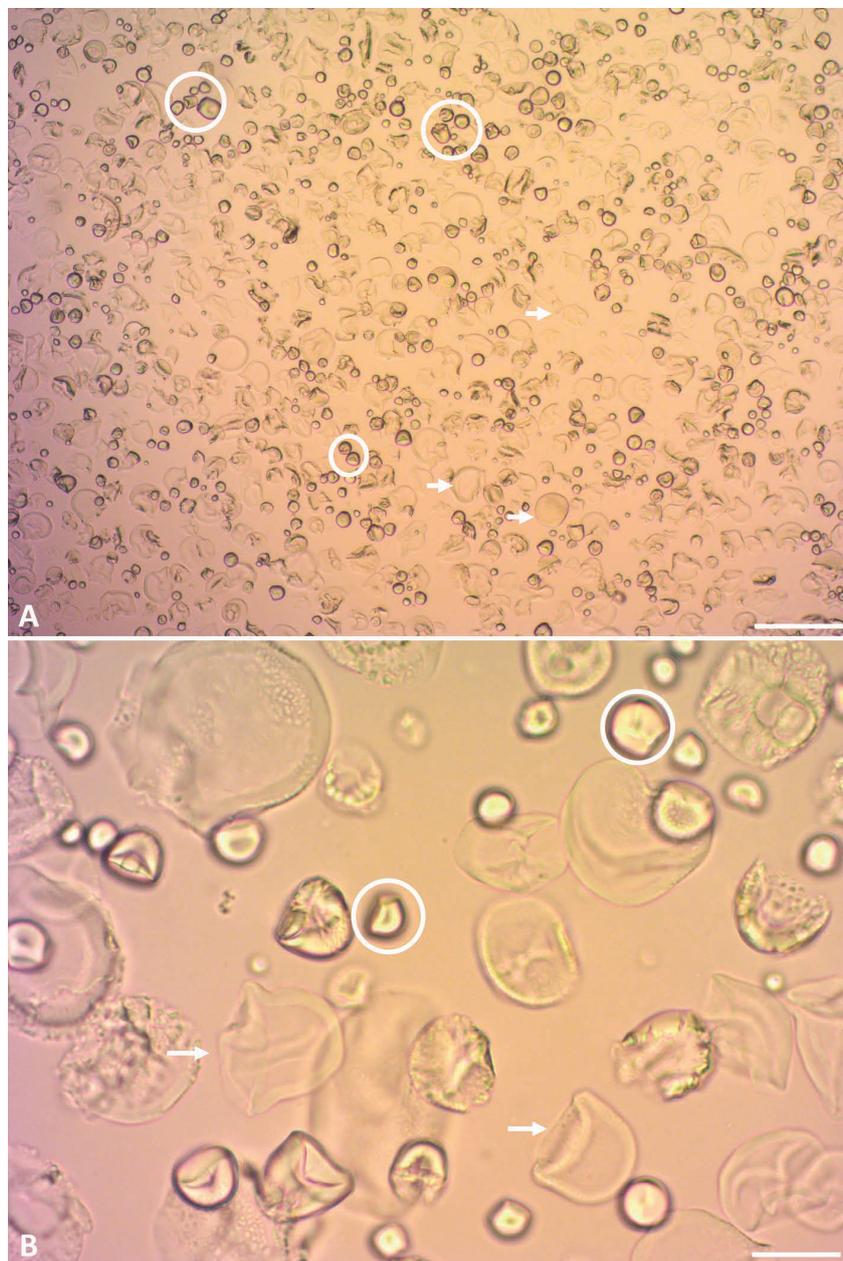


Figura 66. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em processo de gelatinização em diferentes lentes de aumentos do microscópio. (A-B) Grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). Escala: (A) = 100 μ m; (B) = 20 μ m

As imagens A e B da figura 66, em diferentes lentes de aumento do microscópio, apresentam os grãos de fécula de mandioca em processo de gelatinização. Observam-se, em mesmo campo, grãos inalterados (círculo) com as características diagnósticas preservadas, sendo possível visualizar o contorno escuro dos grãos e o hilo, e grãos gelatinizados (seta) com perda das características diagnósticas.

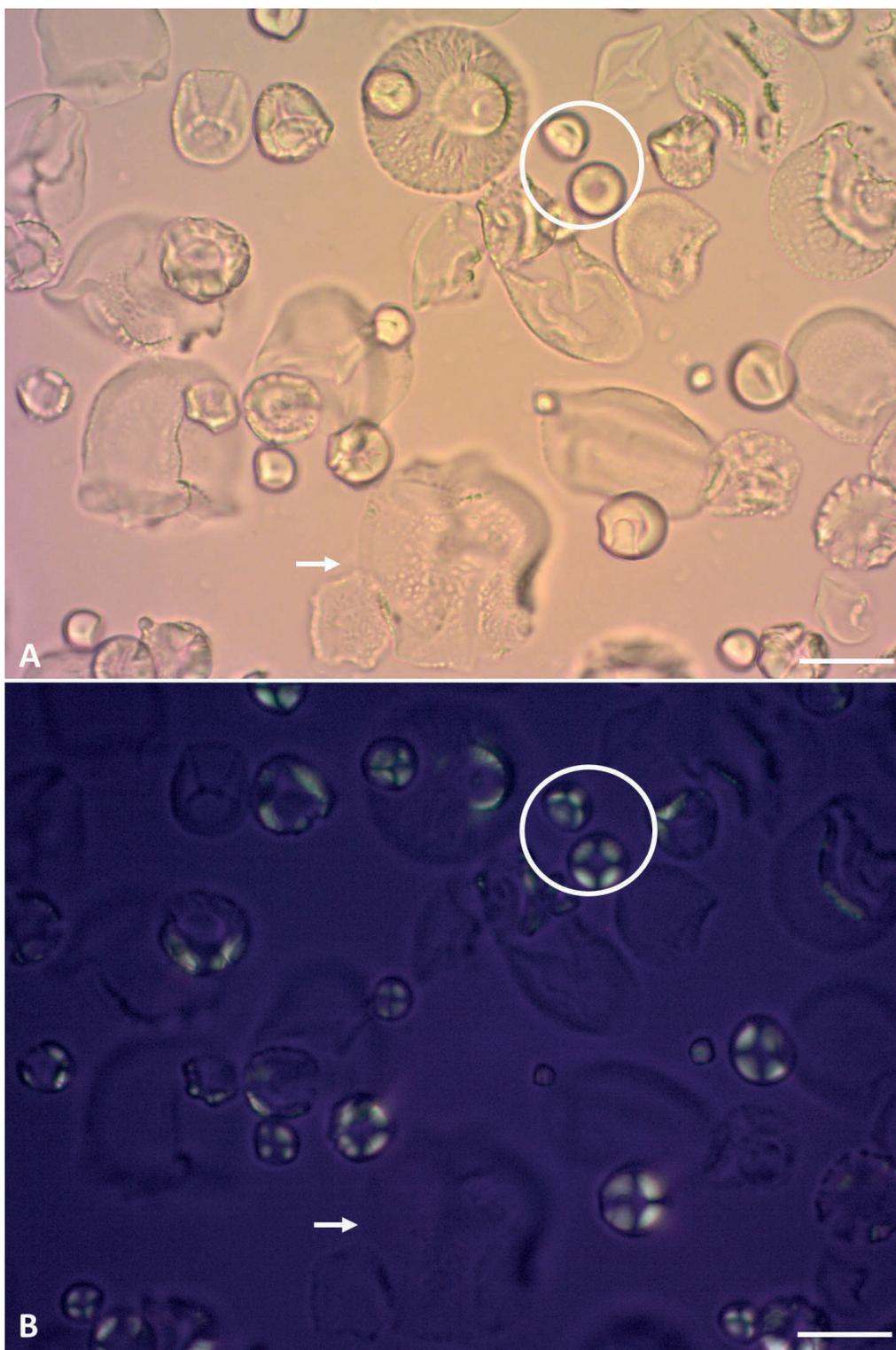
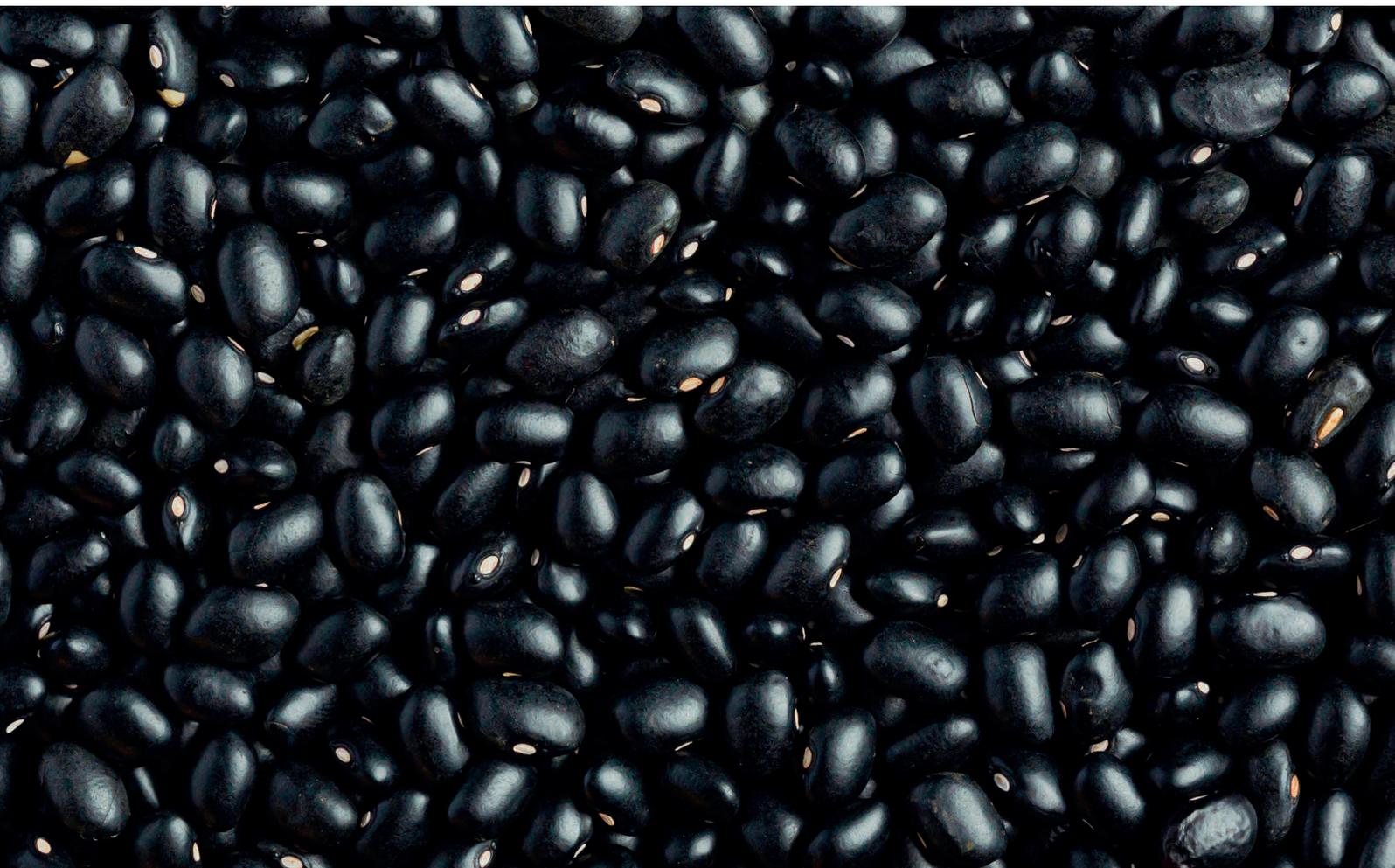


Figura 67. Grãos de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em processo de gelatinização. (A) grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). (B) Sob luz polarizada, revelada cruz de Malta negra em grãos inalterados (círculo) e não revelada em grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Na imagem A da figura 67, observam-se os grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). Os grãos gelatinizados perdem a morfologia típica de identificação, inclusive a propriedade de birrefringência, portanto sob luz polarizada, a cruz de Malta negra não é revelada nos grãos gelatinizados (seta), como mostra a imagem B.



4. ORDEM FABALES



FICHA DESCRITIVA

Ordem Fabales	Família Fabaceae (Leguminosae)	<u>Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)</u>
		<u>Feijão-Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.)</u>
		<u>Grão-de-Bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)</u>
		<u>Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.)</u>

Ordem Fabales

É uma ordem de Angiospermas (Eudicotiledôneas; Eurosídeas I), com distribuição cosmopolita, embora mais frequente nas zonas tropicais, e com alta distribuição altitudinal. Esta ordem integra cerca de 4 (quatro) famílias e 19.000 espécies, incluindo plantas alimentares, forrageiras, ornamentais, medicinais e industriais de grande importância econômica. As principais famílias são Fabaceae, Polygalaceae e Surianaceae (JUDD *et al.*, 2009; BRESINSKY *et al.*, 2012; MOBOT, 2023).

Família Fabaceae

São ervas, arbustos, árvores ou lianas, com folhas alternas raramente opostas, geralmente compostas, com estípula, às vezes transformadas em espinhos, com nectários extraflorais, e ocasionalmente com pontuações translúcidas. Seus frutos são usualmente do tipo legume¹¹, mas também de outros tipos, incluindo drupa, sâmara, folículo, craspédio ou lomento (SOUZA; LORENZI, 2019).

A família Fabaceae (Leguminosae) possui distribuição cosmopolita, é a terceira maior família de Angiospermas com aproximadamente 630 gêneros e 18.000 espécies; no Brasil, ocorrem aproximadamente 200 gêneros e 2.800 espécies. *Fabaceae* é a segunda maior família em importância econômica, cujas principais espécies utilizadas na alimentação são o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão-caupi ou feijão-fradinho (*Vigna unguiculata* L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.), descritas na presente obra, além do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), tremoço (*Lupinus spp.*), soja (*Glycine max* L.), e tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Inúmeras espécies de *Fabaceae* também são ornamentais, utilizadas na arborização urbana no Brasil (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

¹¹ Fruto seco, deiscente, de um só carpelo, com número variável de sementes; abre-se ao longo da sutura e da nervura principal da folha carpelar (BRESINSKY *et al.*, 2012). Esse termo é popularmente utilizado equivocadamente para alimentos em geral independente de seu tipo como: frutos, tubérculos e raízes.

4.1 FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

A parte usada desta espécie é a semente. É uma planta originária da América do Sul, particularmente da região Andina, Peru e Chile. Quando o Brasil foi colonizado, os índios já utilizavam esta espécie, pois fora levada pelos habitantes primitivos ao país, e também ao México e Estados Unidos. O feijão é uma leguminosa muito difundida, representando uma cultura de semente alimentícia muito importante no mundo. O Brasil é o maior produtor de feijão comum, sendo os estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia os principais produtores (RONKO *et al.*, 2021).

O feijão constitui uma fonte importante de proteínas, carboidratos e lipídeos, além de aminoácidos essenciais, mas é deficiente em metionina. A semente cozida é a forma mais usual de consumo do feijão, embora possa ser transformado em farinha e farelo para fabricação de pães, biscoitos, macarrões e pastéis pelas indústrias alimentícias. Devido a presença de substâncias antinutricionais, como antitripsina e a fito-hemaglutinina (lectina), as sementes devem ser submetidas ao processo térmico antes do consumo (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

De acordo com a coloração do tegumento da semente, ele pode ser classificado como preto, branco ou em cores (KNABBEN, 2012). Na presente obra, descrevemos as variedades preto e carioca.

Além da cor, em linhas gerais, a diferença entre os feijões preto e carioca, em termos nutricionais, não é tão significativa. Escolher um ou outro não fará grande diferença na dieta. O feijão, seja ele qual for, é uma fonte importante de proteínas, ferro e cálcio, e deve ser consumido diariamente, sendo um poderoso aliado contra a anemia (RONKO *et al.*, 2021).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE FEIJÃO COMUM

Os grãos de amido de feijão comum nas variedades preto e carioca, descritos nesta obra, se apresentam em estado isolado de formato reniforme, oval alongado e circular, alguns de contorno irregular, e medem, em média, de 10µm a 30µm. Possuem o hilo central de formato linear com prolongamentos, ocupando o comprimento do grão. Apresentam o sistema de estratificação com estrias concêntricas. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

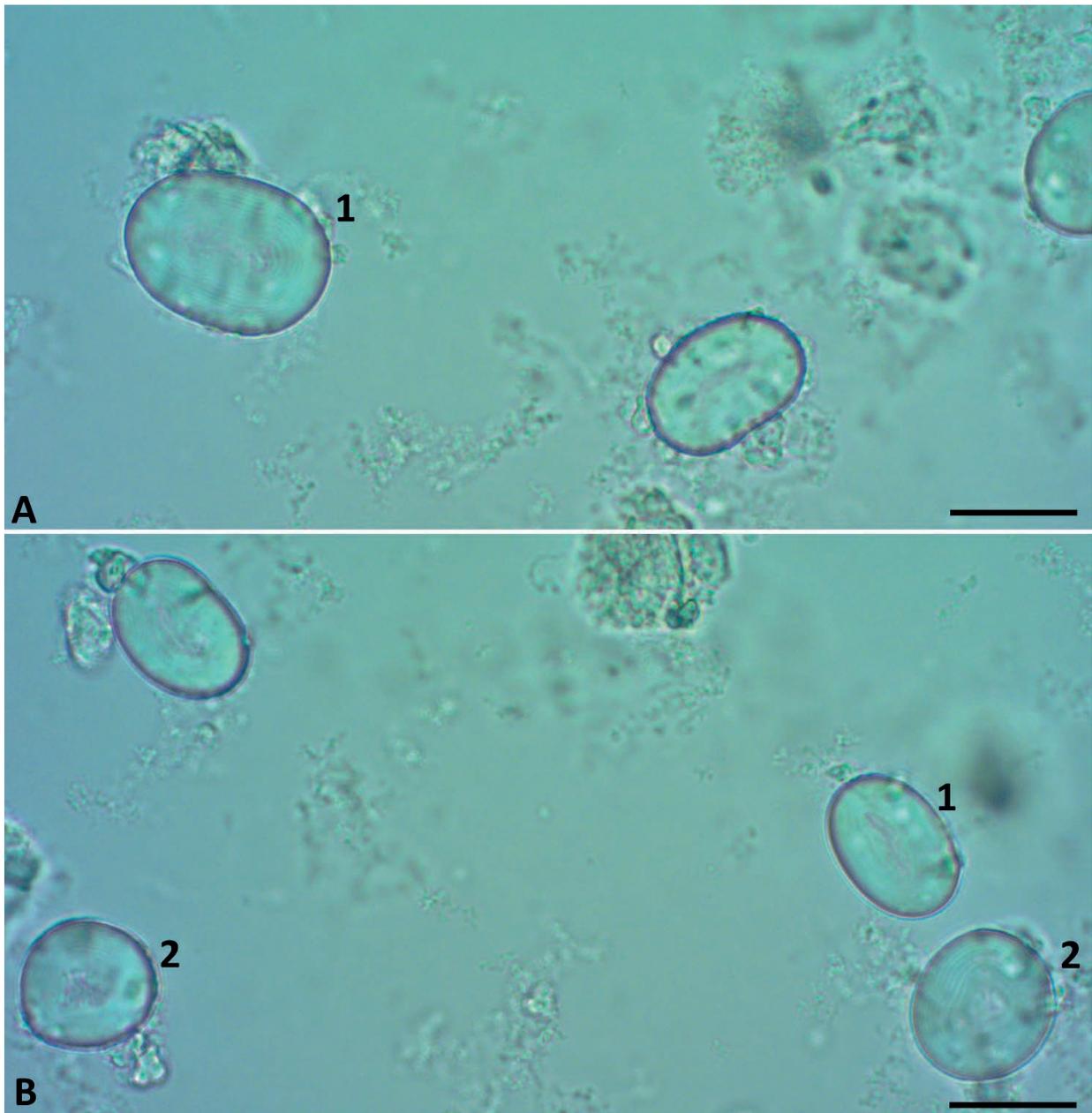


Figura 68. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto. (A-B) Grãos isolados oval alongado (1) e circulares (2). Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se nas imagens da figura 68 grãos de amido de feijão preto isolados de formatos oval alongado (1) e circulares (2).

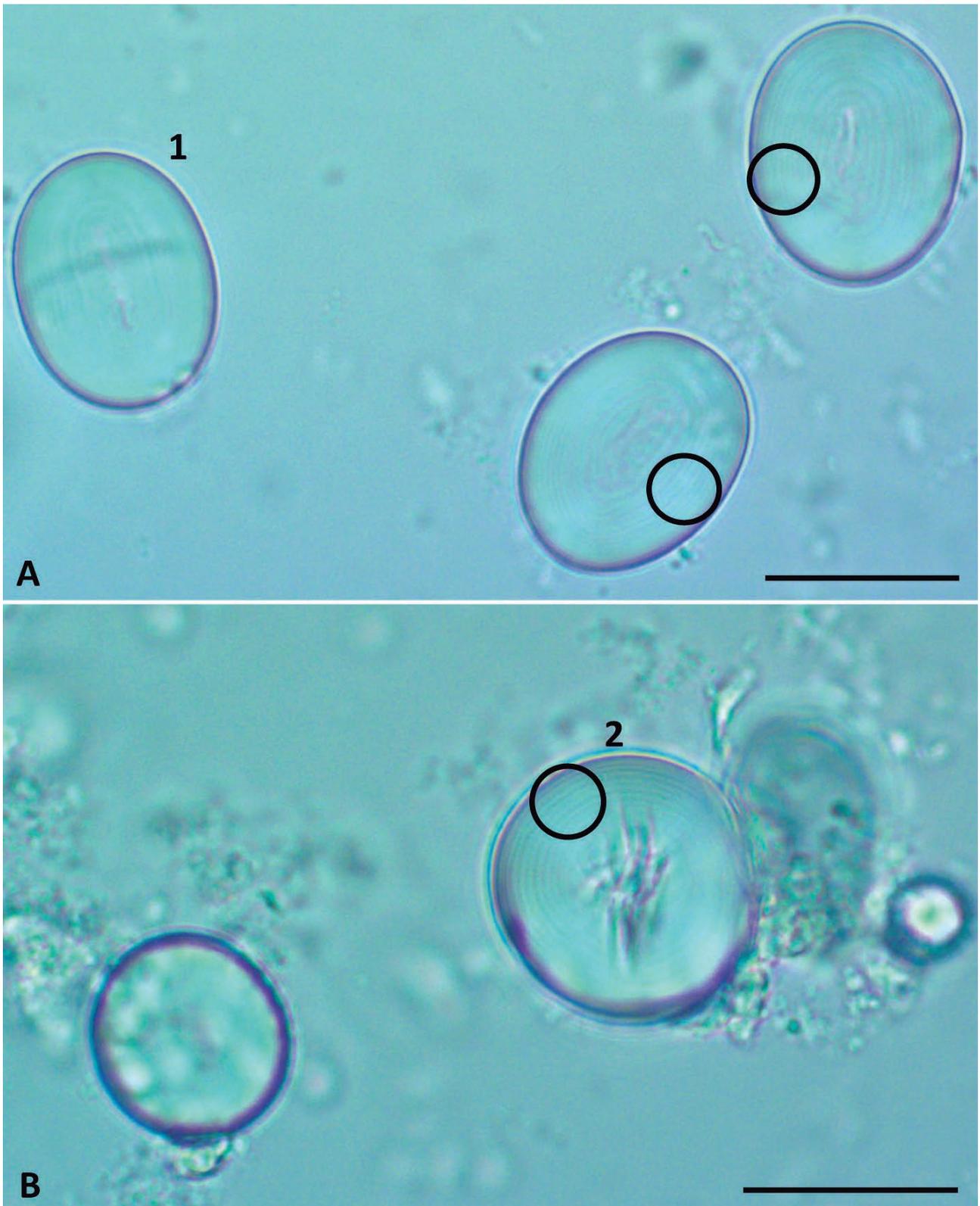


Figura 69. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto. (A-B) Grãos isolados oval alongado (1) e circulares (2) com estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens A e B da figura 69, observam-se os grãos de amido de feijão preto de formatos oval alongado (1) e circulares (2) com o sistema de estratificação com estrias concêntricas marcante (círculo).

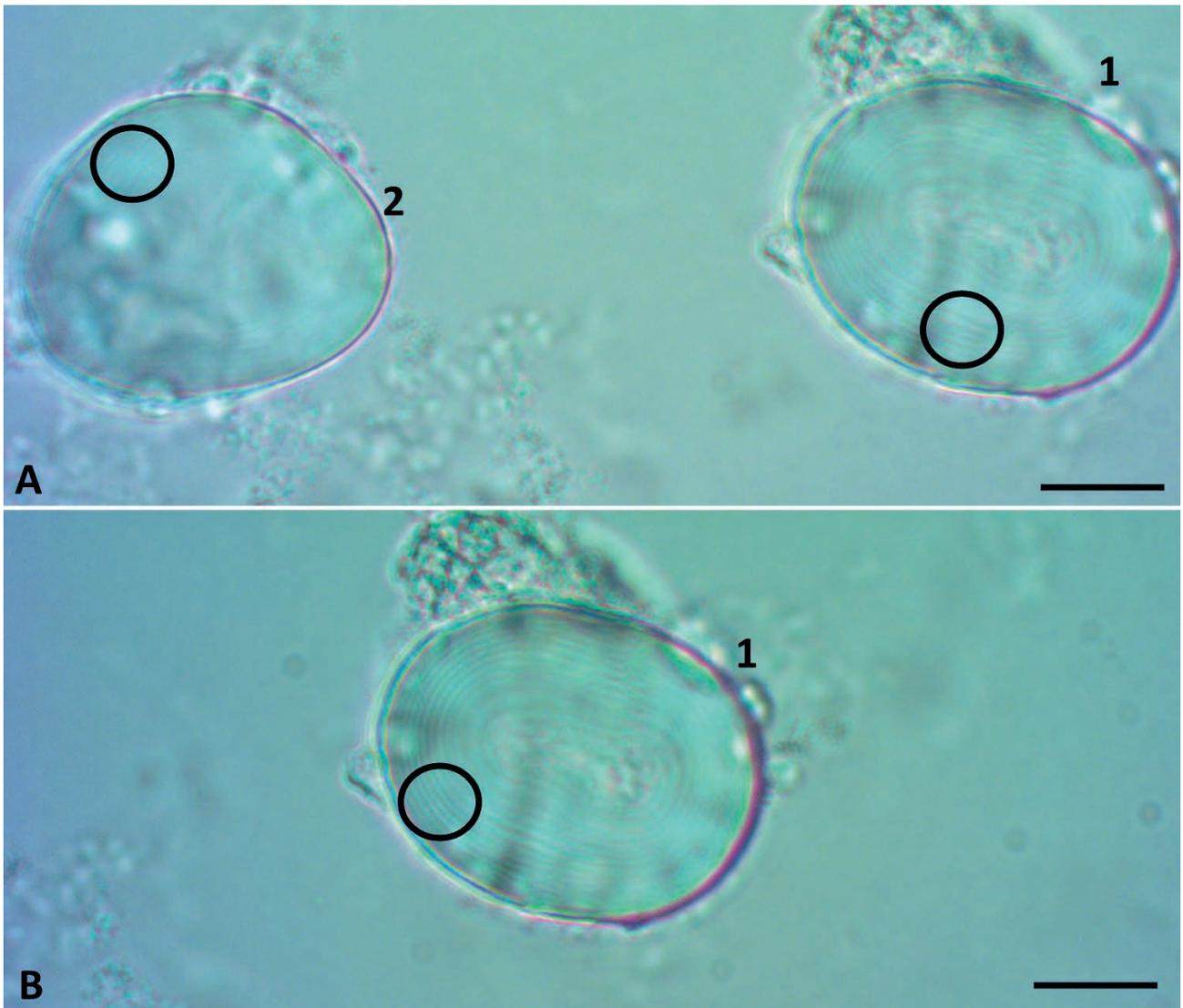


Figura 70. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto, em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Grãos oval alongado (1) e circular de contorno irregular (2) com estrias concêntricas marcantes (círculo). Escala: (A, B) = 10 μ m

Observam-se nas imagens da figura 70, em lente de maior aumento do microscópio, grãos nos formatos oval alongado (1) e circular de contorno irregular (2) com estrias concêntricas marcantes (círculo).



Figura 71. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto. (A) Grãos oval alongado (1) com estrias concêntricas (círculo) e hilo central linear (seta). **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 10 µm

Observa-se na imagem da figura 71, grãos de amido de feijão preto de formato oval alongado (1) com estrias concêntricas (círculo) marcantes, formadas ao redor do hilo central linear (seta). O hilo é uma característica diagnóstica perceptível em poucos grãos na variedade de feijão preto. A propriedade de birrefringência sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra, observada na imagem B.

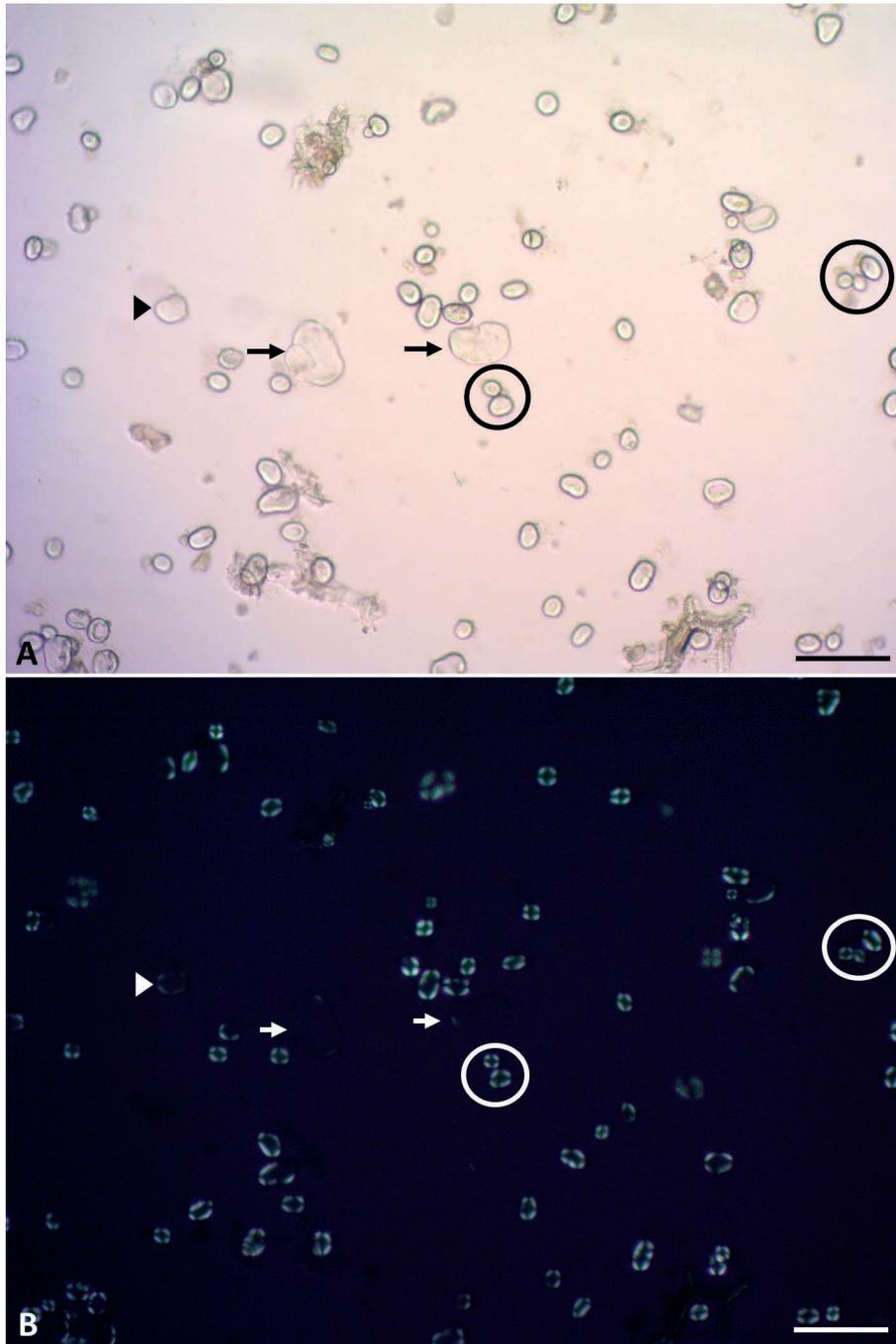


Figura 72. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (círculo), grãos intumescendo (cabeça de seta) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra os grãos inalterados (círculo), revelam parcialmente os grãos intumescendo (cabeça de seta) e não revelam os grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 100 µm

As imagens da figura 72 apresentam os grãos de amido de feijão preto em processo de gelatinização. Observam-se na imagem A, grãos inalterados (círculo) com o contorno do formato perceptível, grãos intumescendo (cabeça seta) com perda parcial das características diagnósticas, e grãos gelatinizados (seta) com perda total das características diagnósticas de identificação. Na imagem B, sob luz polarizada, observa-se a cruz de Malta negra nos grãos inalterados, parcialmente nos grãos intumescendo e não revelada nos grãos gelatinizados devido a perda da propriedade de birrefringência.

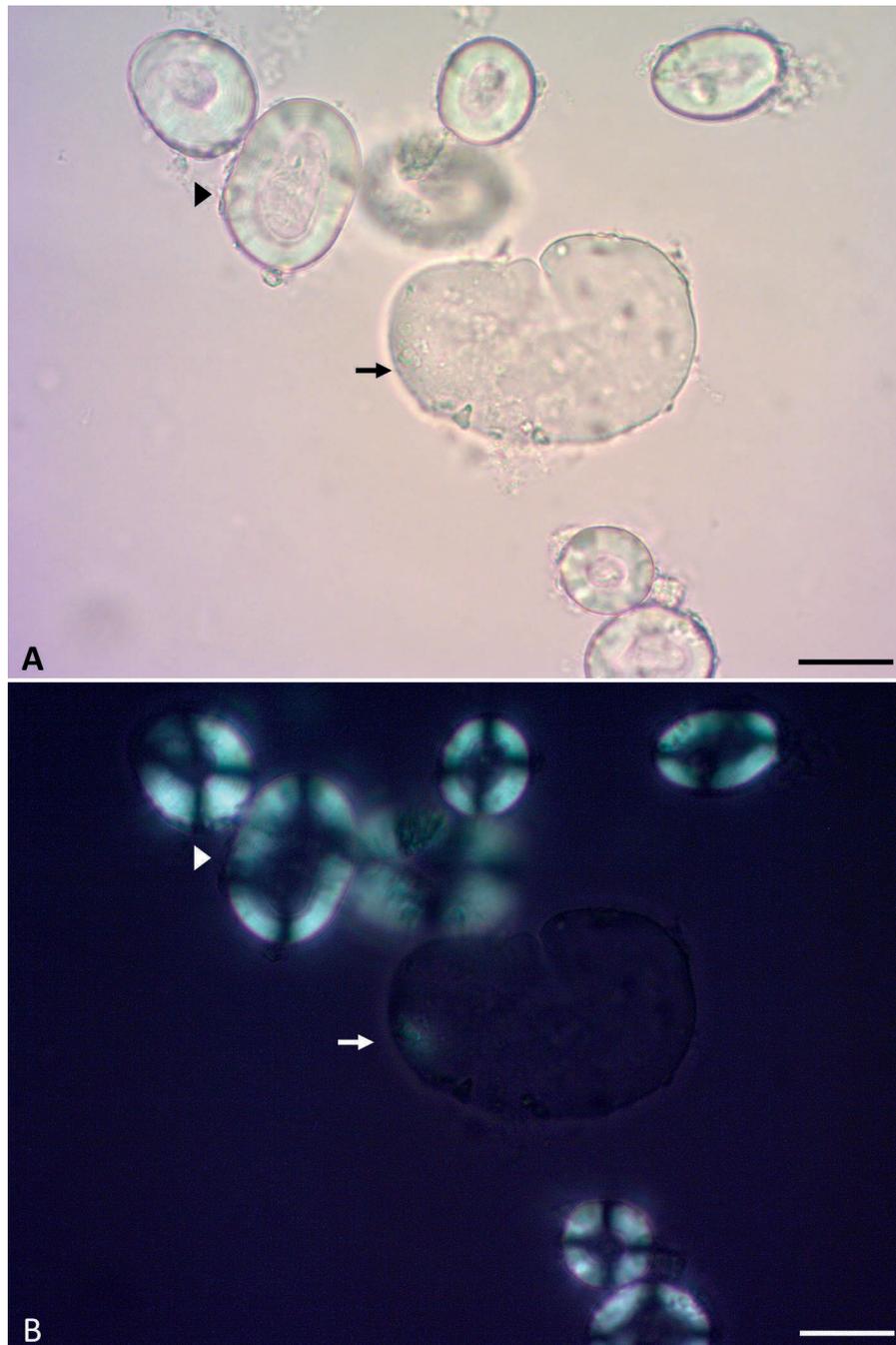


Figura 73. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto em processo de gelatinização. (A) Grão intumescendo (cabeça de seta) e grão gelatinizado (seta). **(B)** Sob luz polarizada, grãos intumescendo (cabeça de seta) revelam parcialmente a cruz de Malta negra e grão gelatinizado (seta) não a revela. Escala: (A, B) = 20 μ m

Na figura 73, em lente de maior aumento do microscópio, observa-se o processo de gelatinização dos grãos de amido de feijão preto. Observa-se, na imagem A, grão intumescendo (cabeça de seta) com o sistema de estratificação de estrias concêntricas se fundindo do centro para a região cortical; e no grão gelatinizado (seta), a fusão completa das estrias com perda das características diagnósticas de identificação. Na imagem B, sob luz polarizada, os grãos intumescendo (cabeça de seta) revelam parcialmente a cruz de Malta negra e grão gelatinizado (seta) não a revela devido a perda da propriedade de birrefringência.

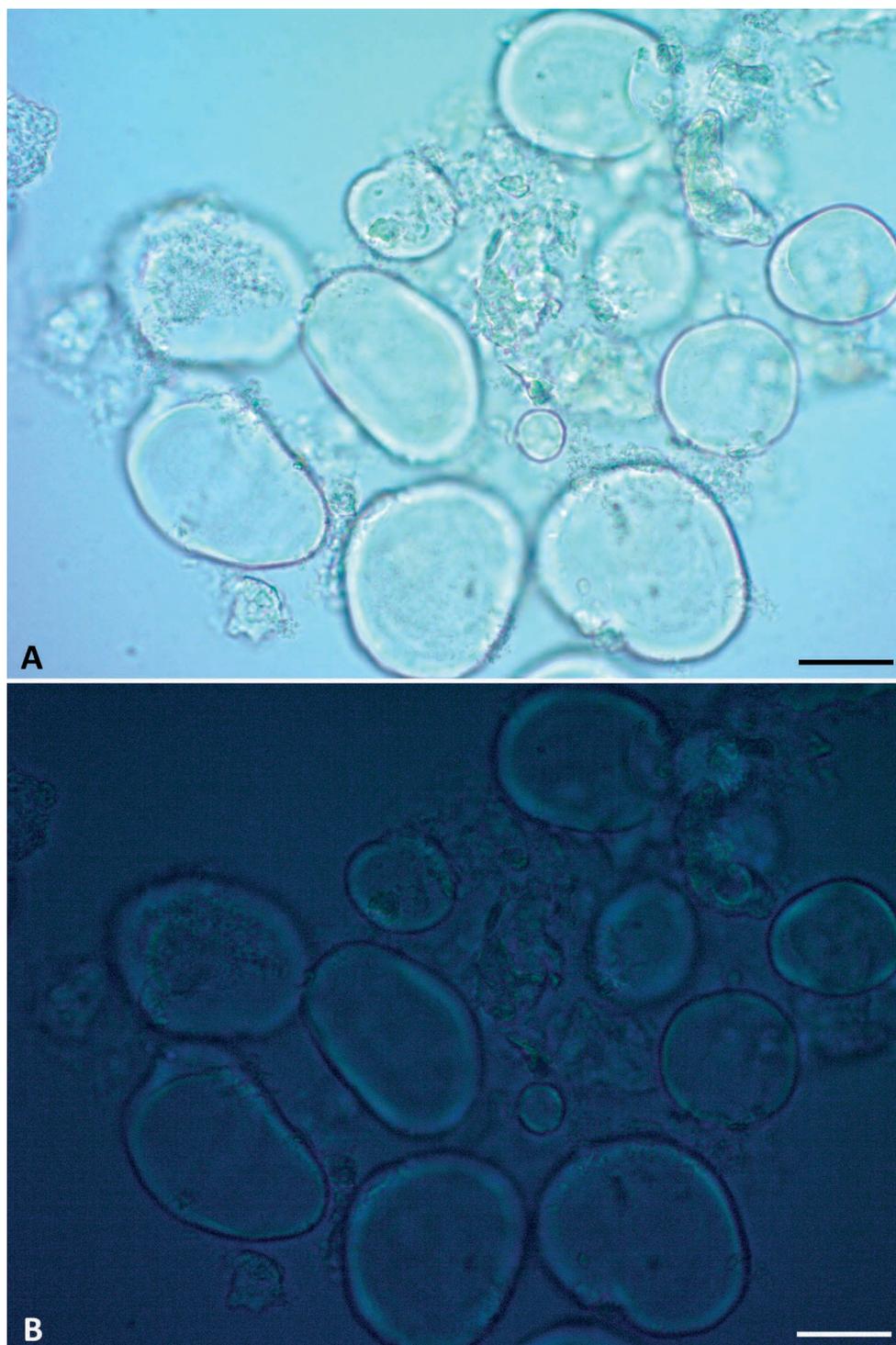


Figura 74. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade preto gelatinizados. (A) Grãos gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação. **(B)** Sob luz polarizada, não revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se na imagem A da figura 74, os grãos de amido de feijão preto gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação. Na imagem B, sob luz polarizada, os grãos gelatinizados não revelam a cruz de Malta negra.

Além da variedade de feijão preto, descrevemos o feijão carioca, também desta espécie.

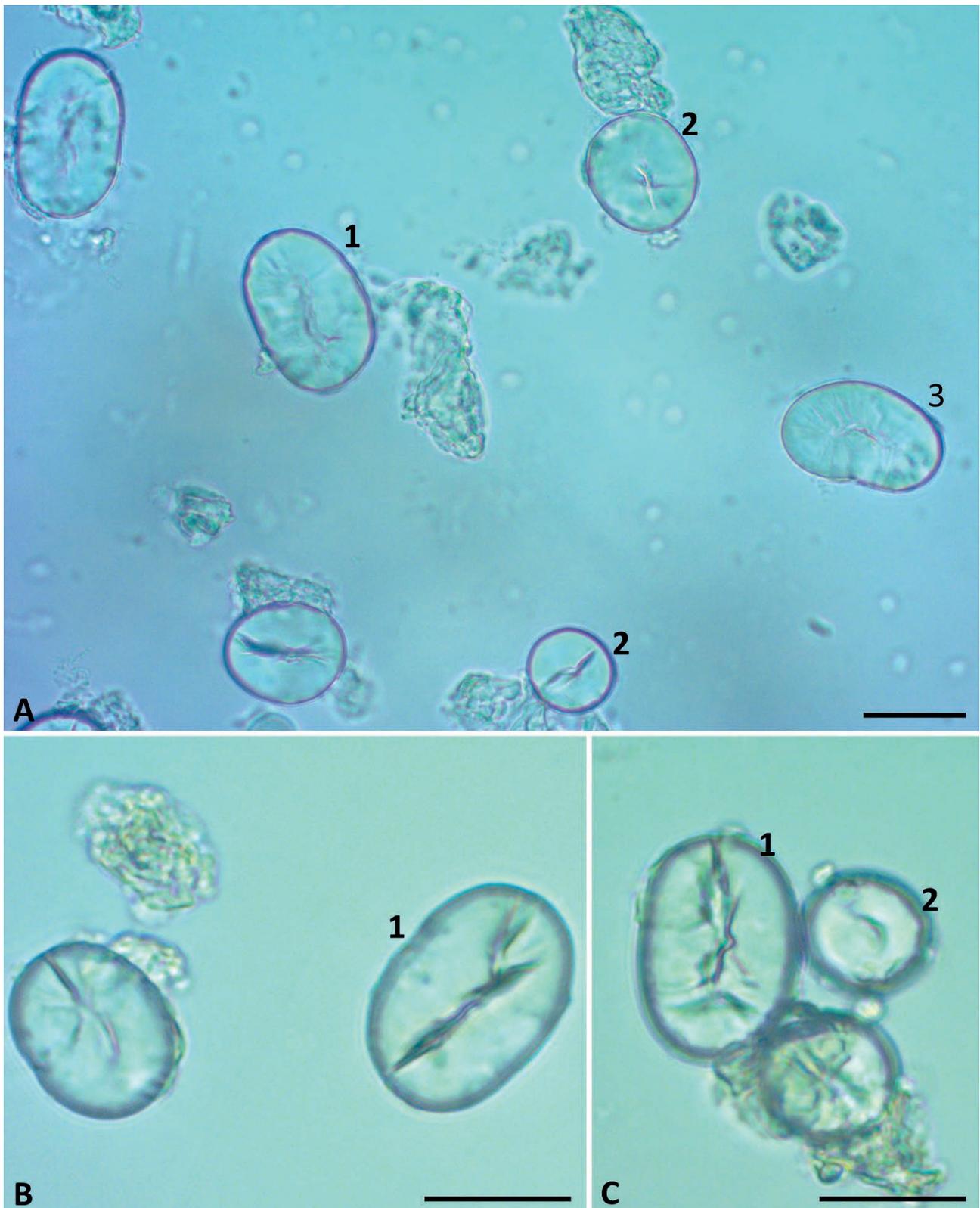


Figura 75. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca. (A-C) Grãos de formatos oval alongado (1), circulares (2) e reniforme (3). Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 75 apresenta diferentes tamanhos e formatos de grãos isolados de amido de feijão carioca. Observam-se nas imagens A, B, C grãos de formatos oval alongado (1), circulares (2) e reniforme (3).

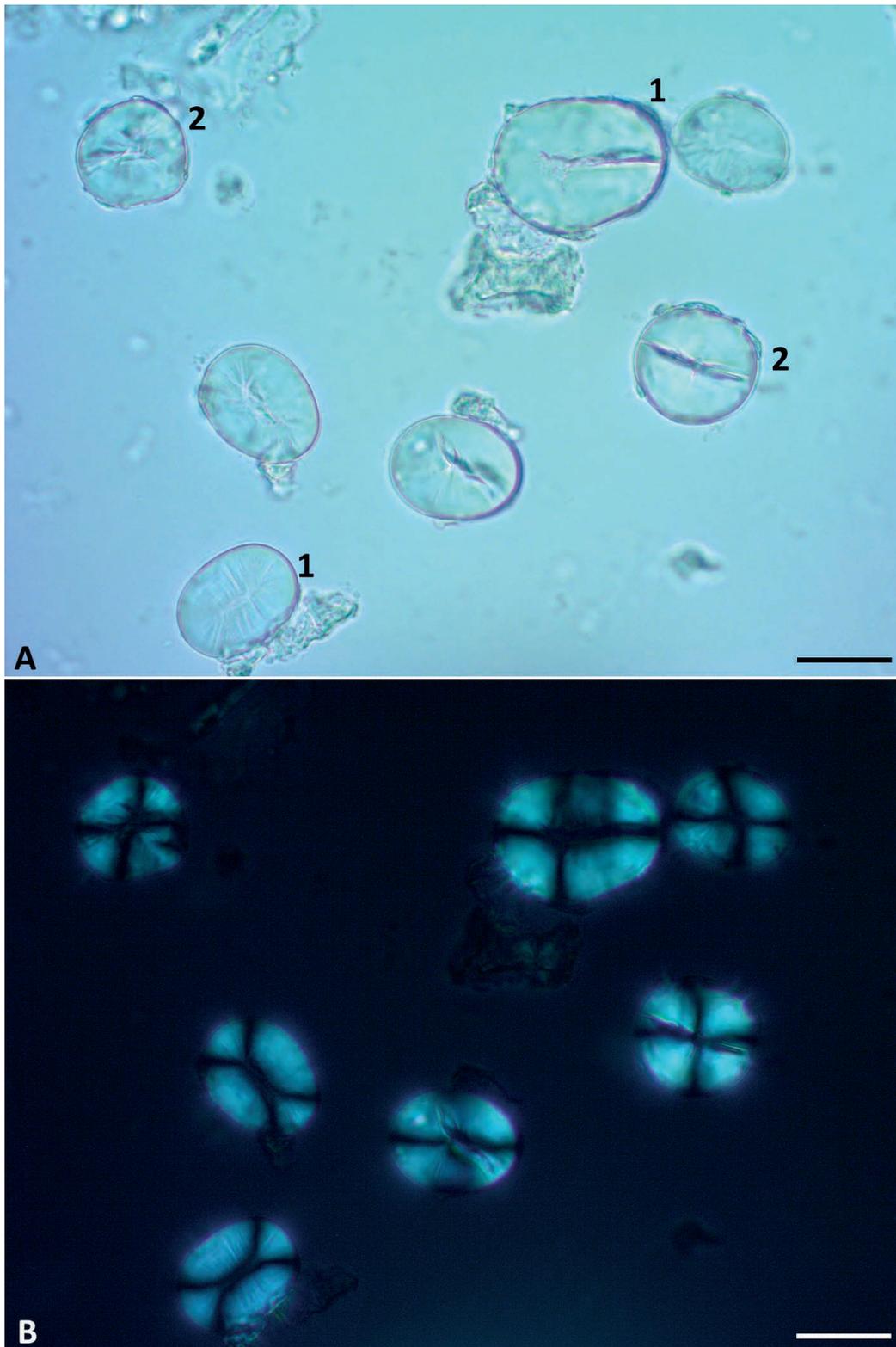


Figura 76. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca. (A) Grãos de formatos oval alongado (1) e circulares (2) de contorno irregular. **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A,vB) = 20 μ m

Observam-se na imagem A da figura 76, os grãos isolados de amido de feijão carioca, em campo claro, de formatos oval alongado (1) e circulares (2) de contorno irregular. A imagem B, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra devido à propriedade de birrefringência.

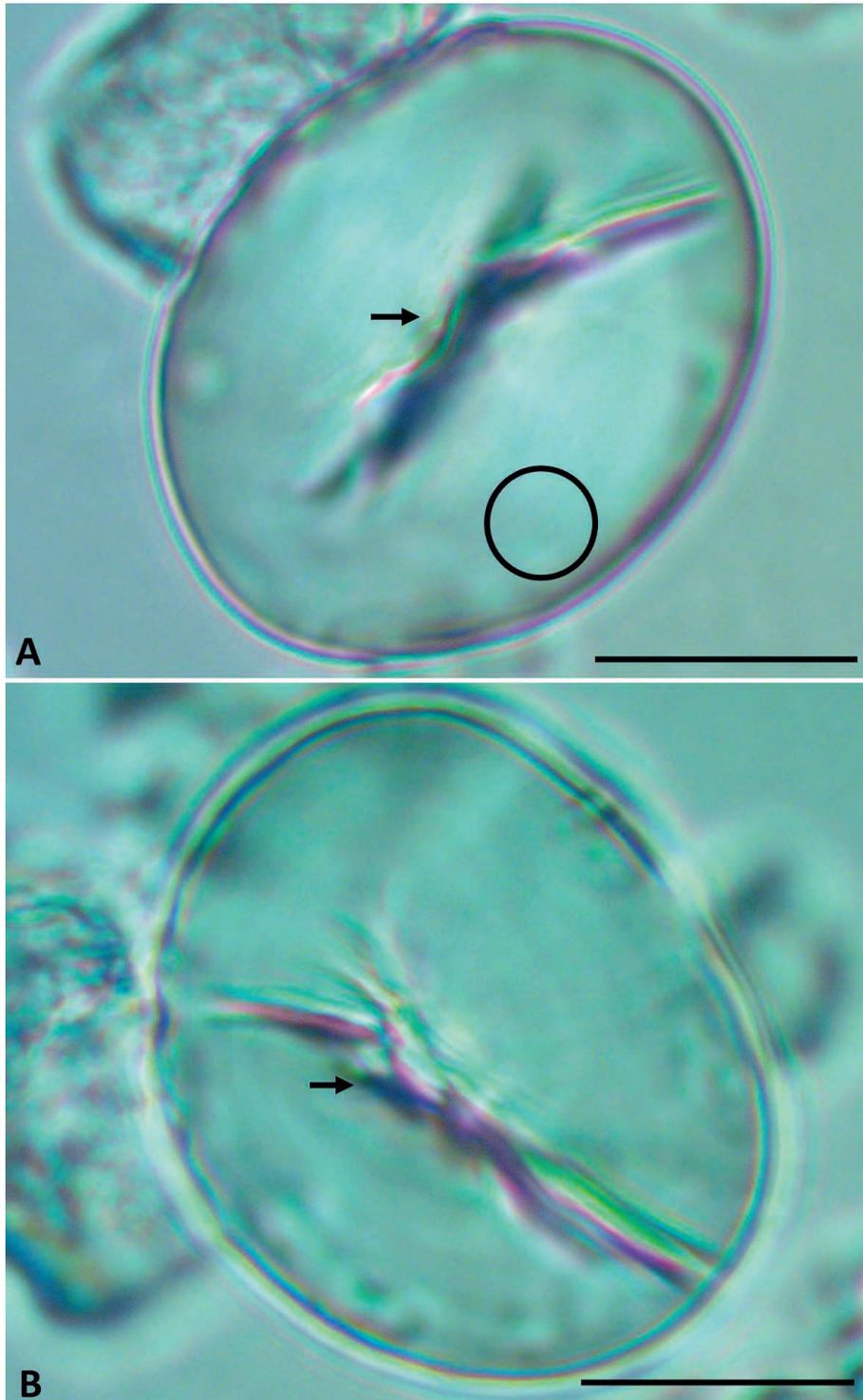


Figura 77. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca, em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Hilo central linear com curtos prolongamentos (seta) e estrias concêntricas (círculo) pouco perceptíveis. Escala: (A, B) = 10 μ m

As imagens da figura 77 apresentam os grãos de amido de feijão carioca em lente de maior aumento do microscópio. Observam-se, nas imagens A e B, o marcante hilo central linear com curtos prolongamentos (seta) ocupando quase todo comprimento do grão e o sistema de estratificação com estrias concêntricas (círculo) pouco perceptíveis, diferenciando-os dos grãos de amido de feijão preto.

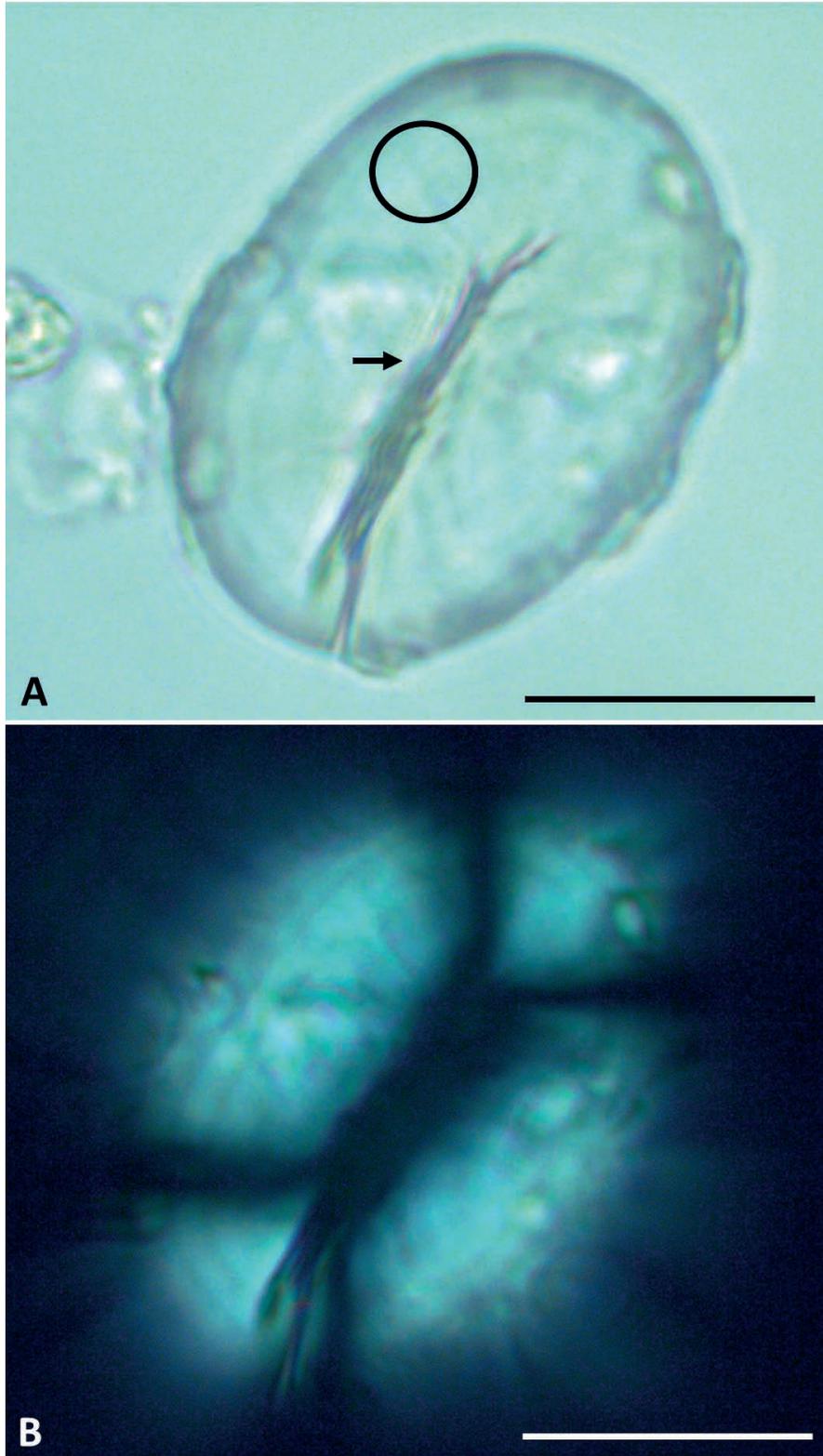


Figura 78. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca. (A) Grão oval alongado com hilo central linear marcante (seta) e estrias concêntricas (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 µm

Observa-se, na imagem A da figura 78, grão de formato oval alongado com hilo central linear marcante (seta) e estrias concêntricas (círculo) menos perceptíveis quando comparadas ao de feijão preto. A imagem B, sob luz polarizada, revela a cruz de Malta negra.

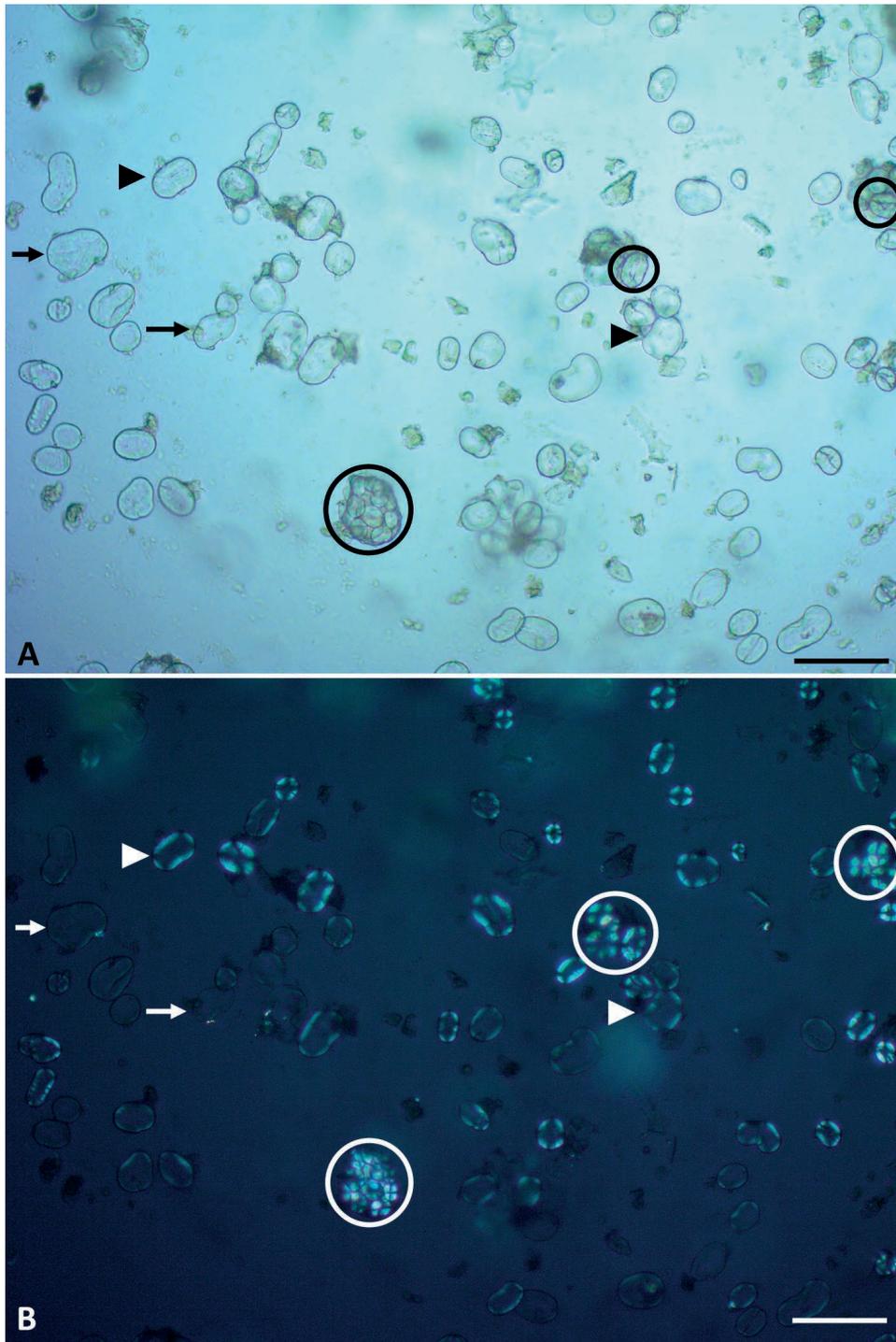


Figura 79. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (círculo), grãos intumescendo (cabeça de seta) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada, grãos inalterados (círculo) revelam cruz de Malta negra, grãos intumescendo (cabeça de seta) a revelam parcialmente e grãos gelatinizados (seta) não a revelam. Escala: (A, B) = 100 μ m

A figura 79 apresenta o processo de gelatinização dos grãos de amido de feijão carioca. Observam-se, nas imagens A e B, grãos inalterados (círculo) com formato preservado e cruz de Malta negra sob luz polarizada; grãos intumescendo (cabeça de seta) com perda parcial do formato e cruz de Malta negra, revelada parcialmente sob luz polarizada; e grãos gelatinizados (seta) com perda das características diagnósticas e a cruz de Malta negra não revelada.

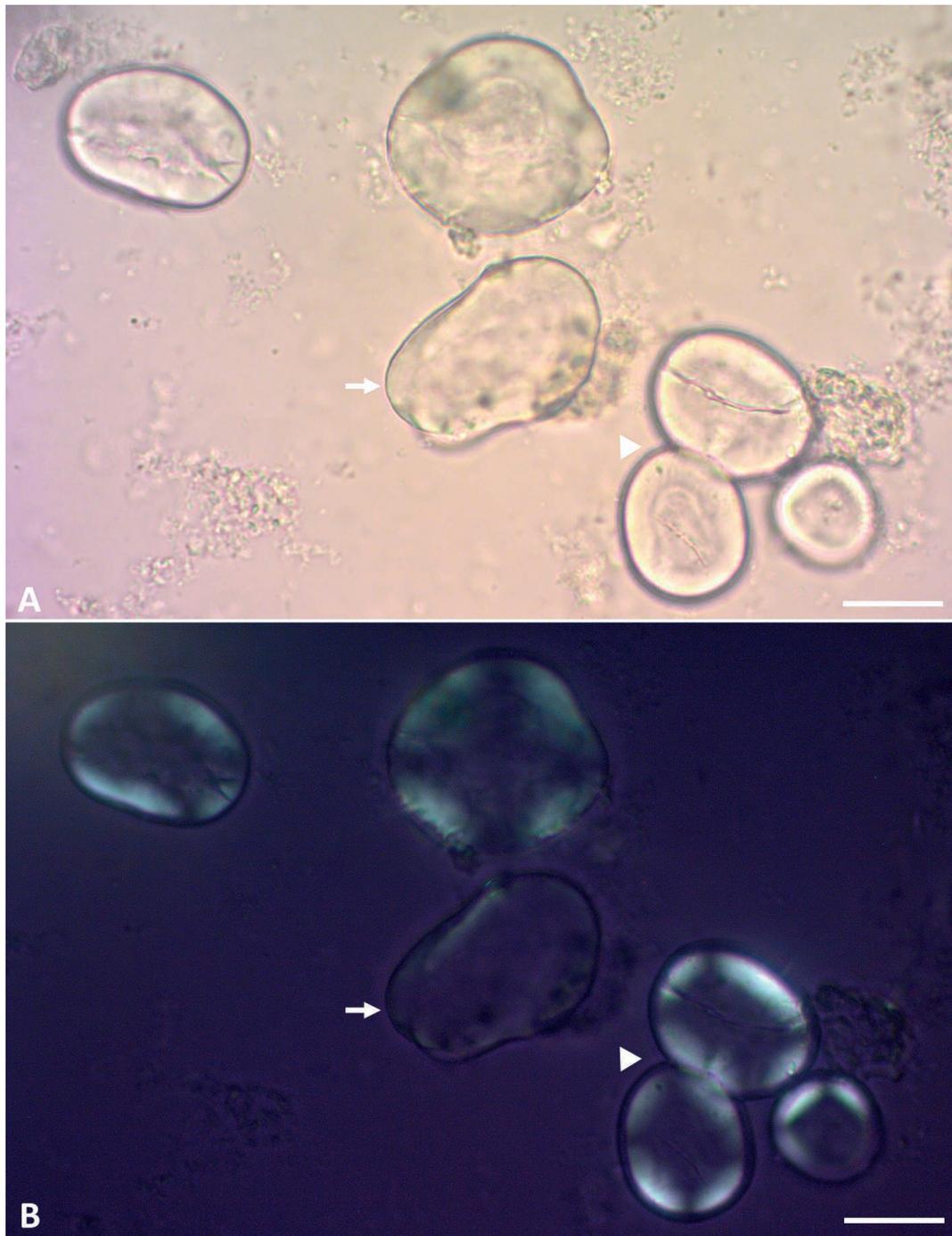


Figura 80. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca em processo de gelatinização, em lente de maior aumento do microscópio. (A) Grãos intumescendo (cabeça de seta) e grão gelatinizado (seta). (B) Sob luz polarizada, grãos intumescendo (cabeça de seta) revelam parcialmente a cruz de Malta negra e grão gelatinizado (seta) não a revela. Escala: (A, B) = 20 μ m

As imagens da figura 80 apresentam o processo de gelatinização dos grãos de amido de feijão carioca em lente de maior aumento do microscópio. Na imagem A, observam-se grãos intumescendo (cabeça de seta) com perda parcial das características diagnósticas internas e formato dos grãos preservados; e grãos gelatinizados (seta) com perda das características diagnósticas interna e formato do grão alterado. Na imagem B, sob luz polarizada, a cruz de Malta é revelada parcialmente nos grãos intumescendo (cabeça de seta) e o grão gelatinizado não a revela.

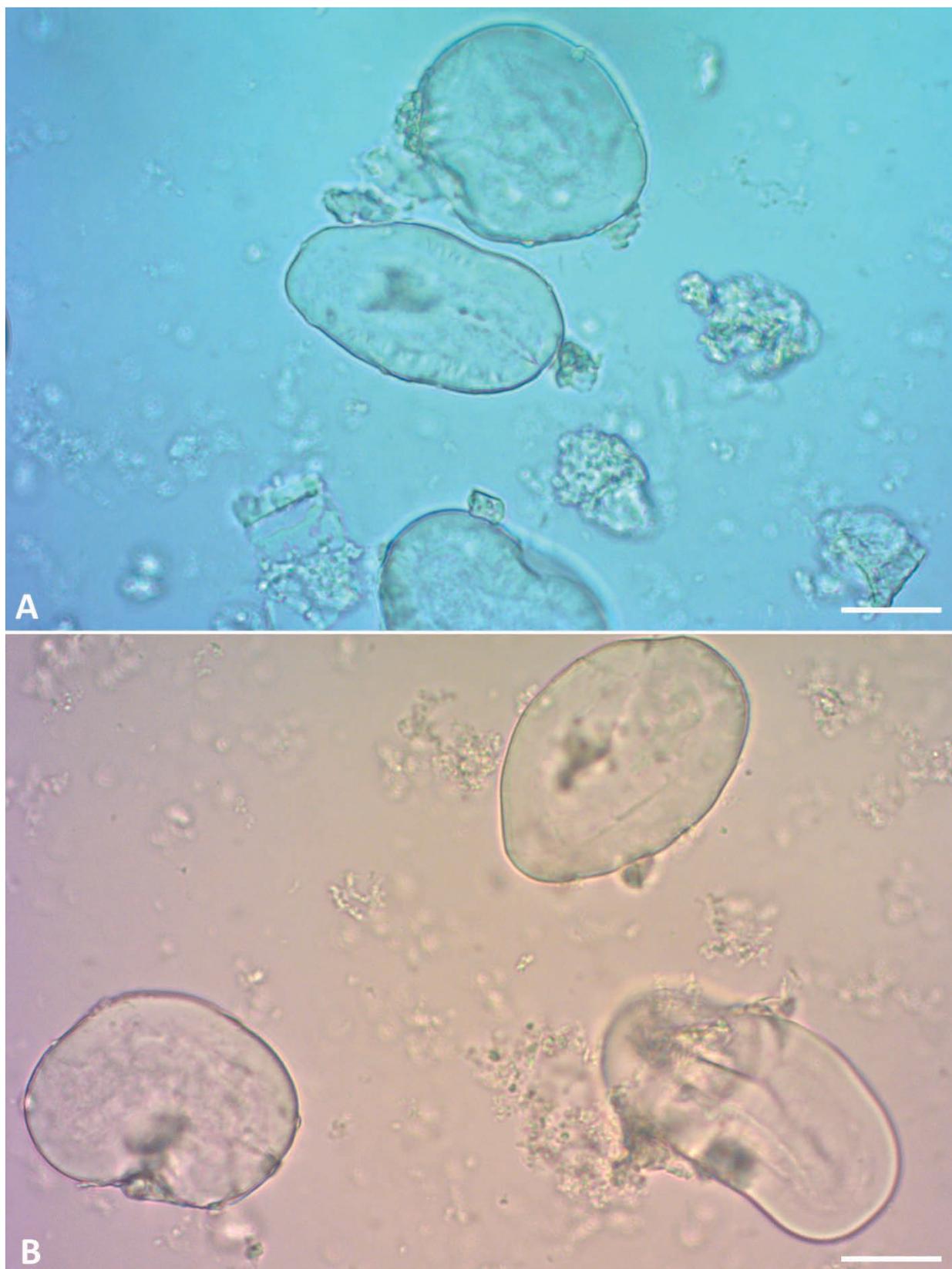


Figura 81. Grãos de amido de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade carioca gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens da figura 81, os grãos de amido de feijão carioca gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação.

4.2 FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L.)

É originário do continente africano, mais comumente conhecido como feijão-frade, feijão-fradinho, feijão-caupi e feijão-de-corda. A parte usada são as sementes. É cultivado em regiões áridas e semiáridas, principalmente, pelas suas sementes secas e destina-se à alimentação humana. As vagens também podem ser colhidas verdes e consumidas como o feijão-verde. Em várias regiões do mundo, as folhas também são utilizadas como forragem, silagem ou incorporadas no solo como adubo verde. Foi introduzido no sudoeste da Ásia e, a partir desta região, chegou à Europa, sendo cultivado em países de clima mediterrânico, como Portugal, Espanha, Itália e Grécia (NETO ARAUJO *et al.*, 2020; WFO, 2023).

No Brasil, constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste. A produção de feijão-fradinho no Brasil ocorre especialmente em primeira e segunda safra nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O feijão maduro é ingrediente básico do acarajé, bolinho frito típico da culinária baiana (SALGADO *et al.*, 2005).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE FEIJÃO-CAUPI

Os grãos de amido de feijão-fradinho foram descritos nesta obra. Os grãos se apresentam em estado isolado de formato circular e oval alongado, alguns de contorno irregular. Medem em média de 10µm a 25µm, são menores quando comparados aos grãos de feijão preto e carioca. Possuem o hilo central de formato linear com curtos prolongamentos e o sistema de estratificação com estrias concêntricas. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

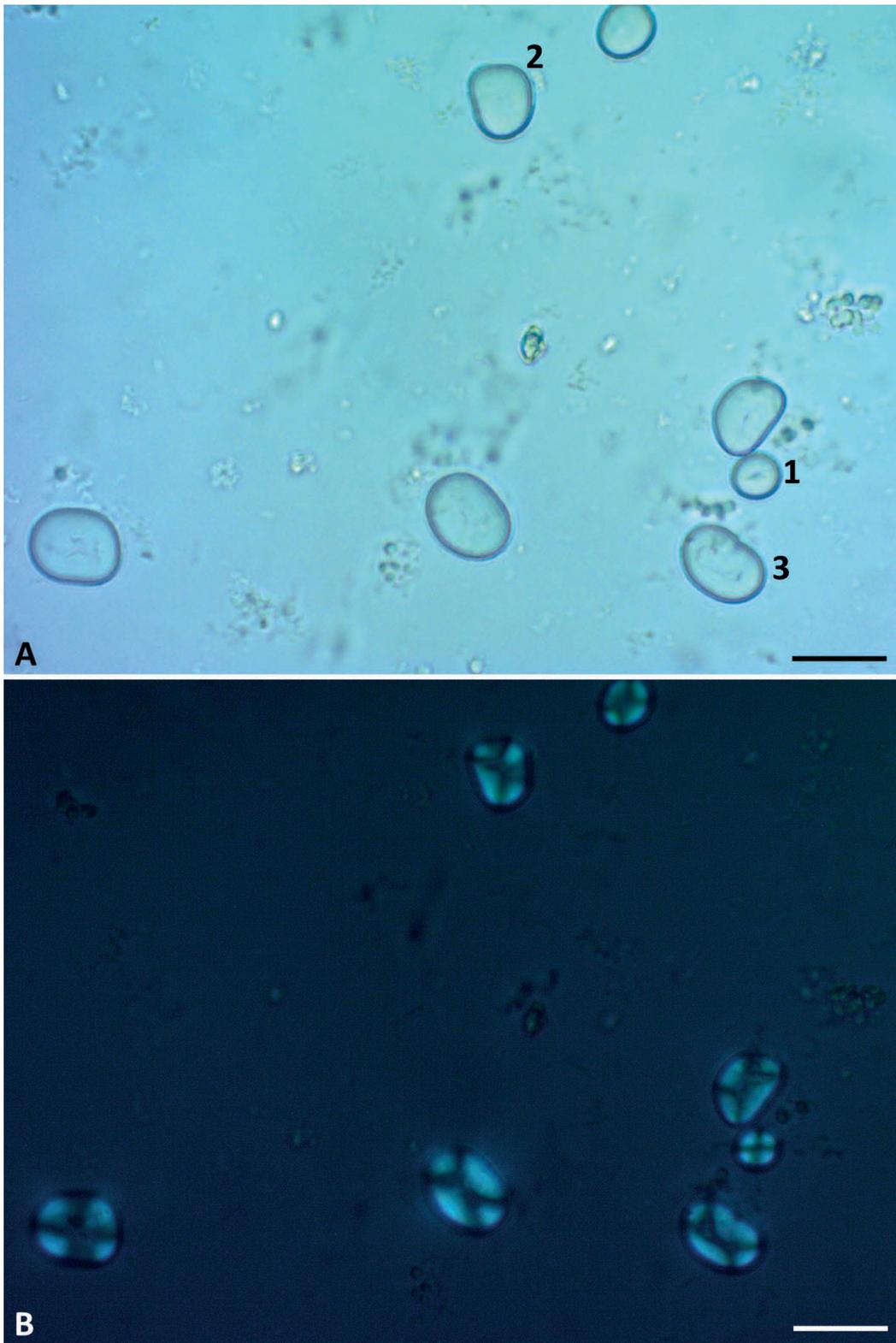


Figura 82. Grãos de amido de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) variedade fradinho. (A) Grãos circulares (1), de contorno irregular (2) e oval alongado (3). **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, na imagem A da figura 82, os grãos de amido de feijão-fradinho em estado isolado de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e oval alongado (3). Na imagem B, a birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

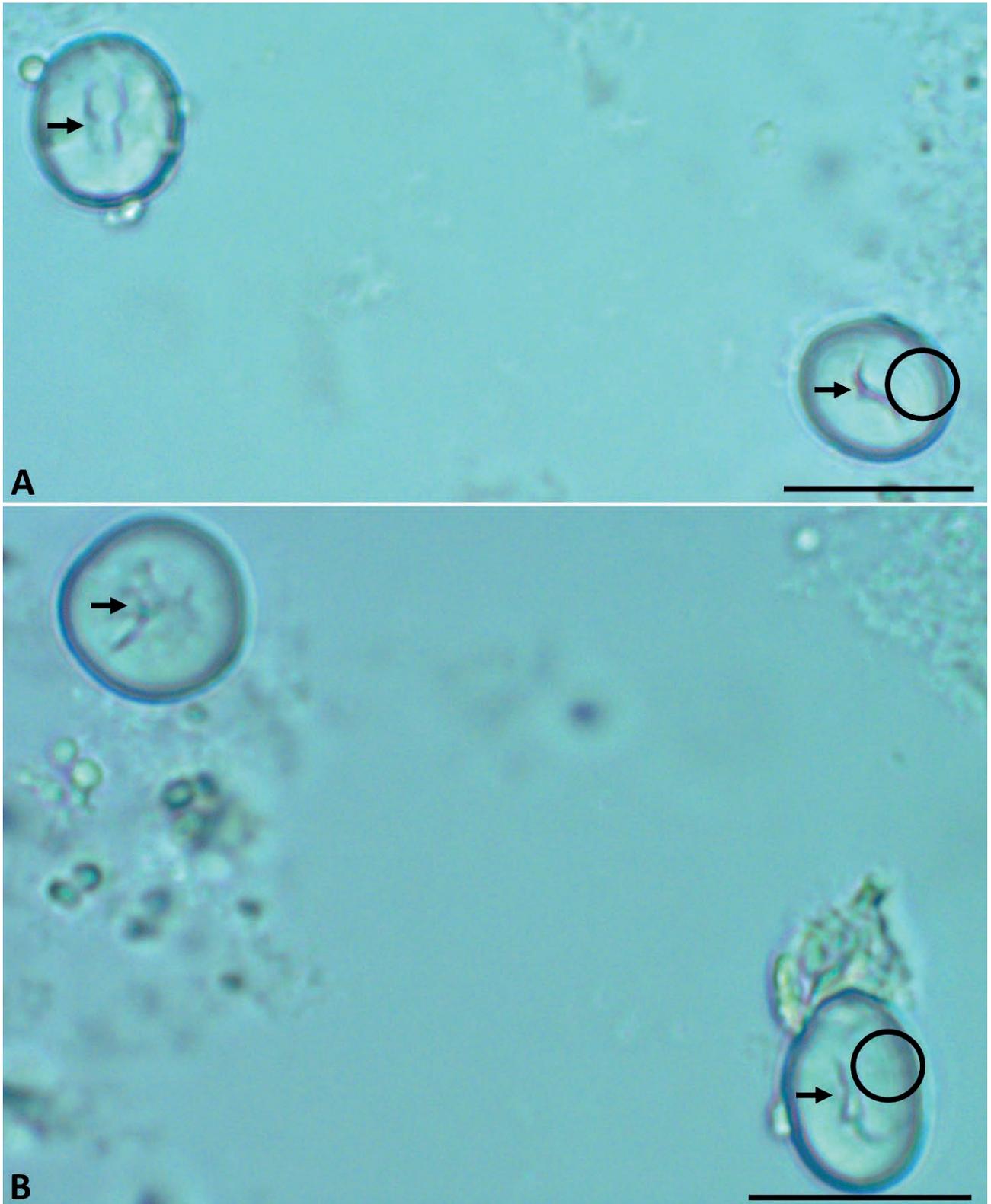


Figura 83. Grãos de amido de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) variedade fradinho. (A-B) Grãos com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

Destacam-se, nas imagens da figura 83, o hilo central linear com curtos prolongamentos (seta) e as estrias concêntricas (círculo) nos grãos de amido de feijão-fradinho.

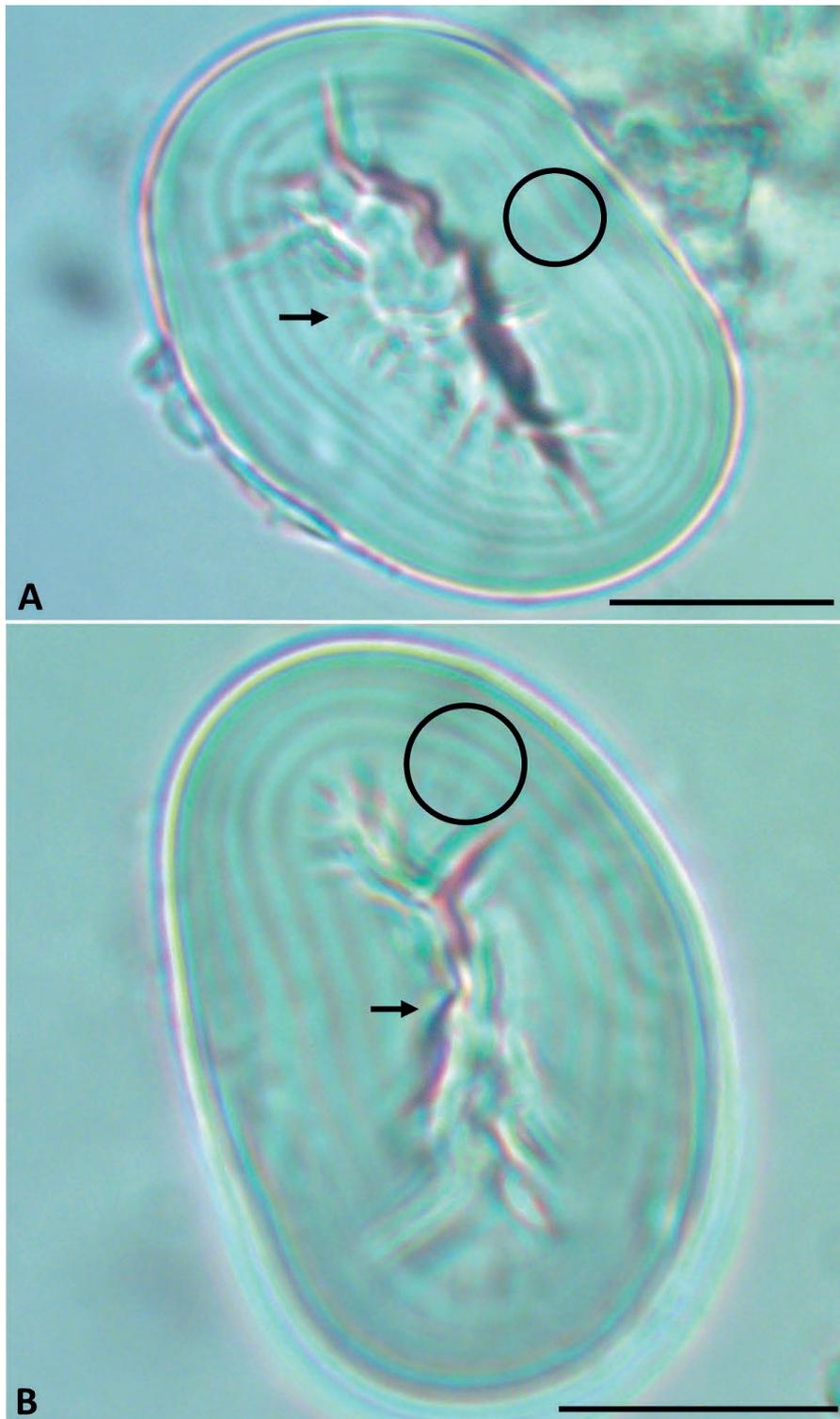


Figura 84. Grãos de amido de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) variedade fradinho, em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Grãos de formato oval alongado de hilo central linear com curtos prolongamentos (seta) e estrias concêntricas (círculo) marcantes. Escala: (A, B) = 10 μ m

Observam-se as características diagnósticas de identificação dos grãos de amido de feijão-fradinho bem marcantes nas imagens A e B da figura 84. Grãos de formato oval alongado com hilo central linear com curtos prolongamentos (seta), ocupando quase todo comprimento do grão e estrias concêntricas (círculo) ao redor.

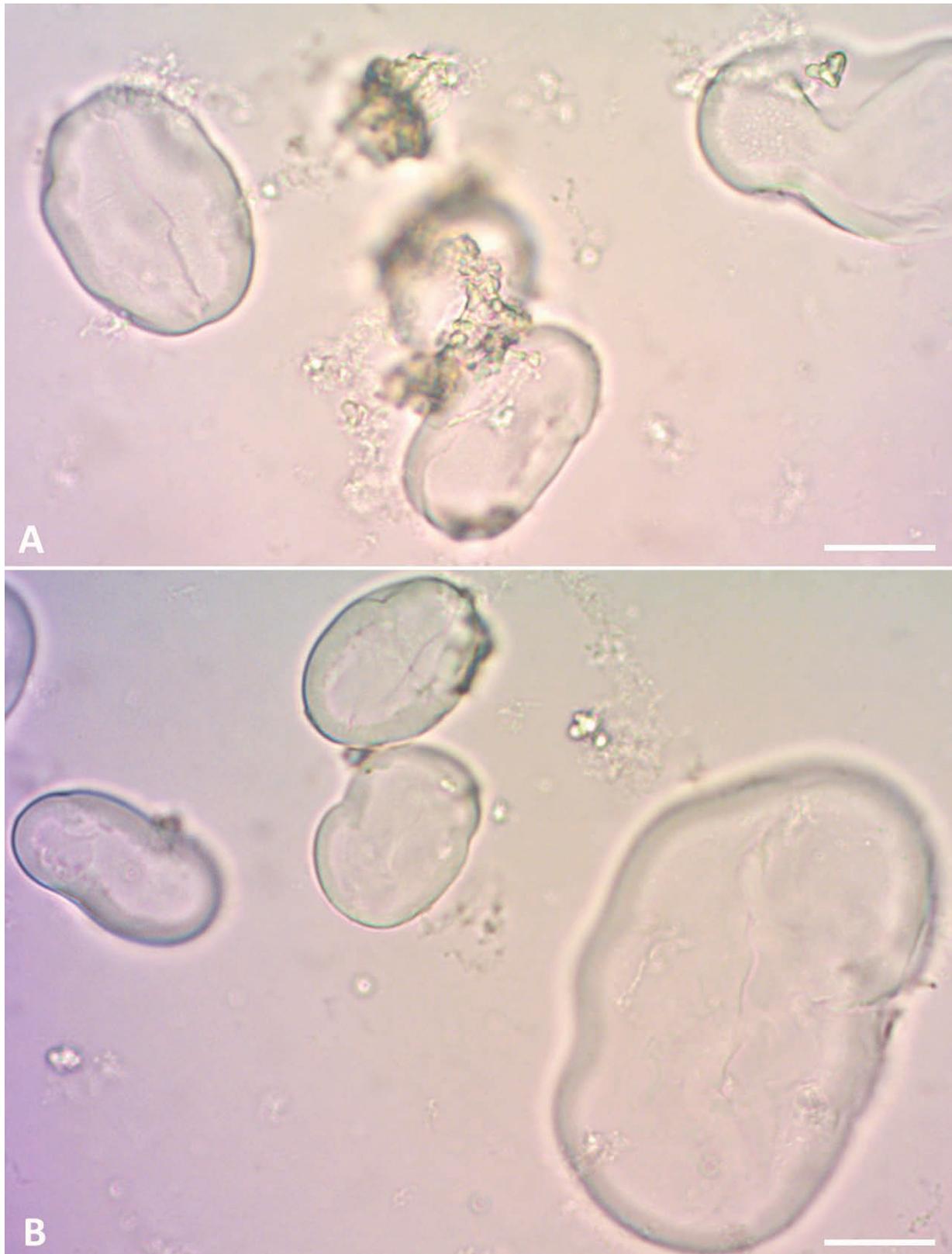


Figura 85. Grãos de amido de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) variedade fradinho gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens A e B da figura 85, a perda das características diagnósticas internas de identificação, como hilo, estrias e formato nos grãos gelatinizados de feijão-fradinho.

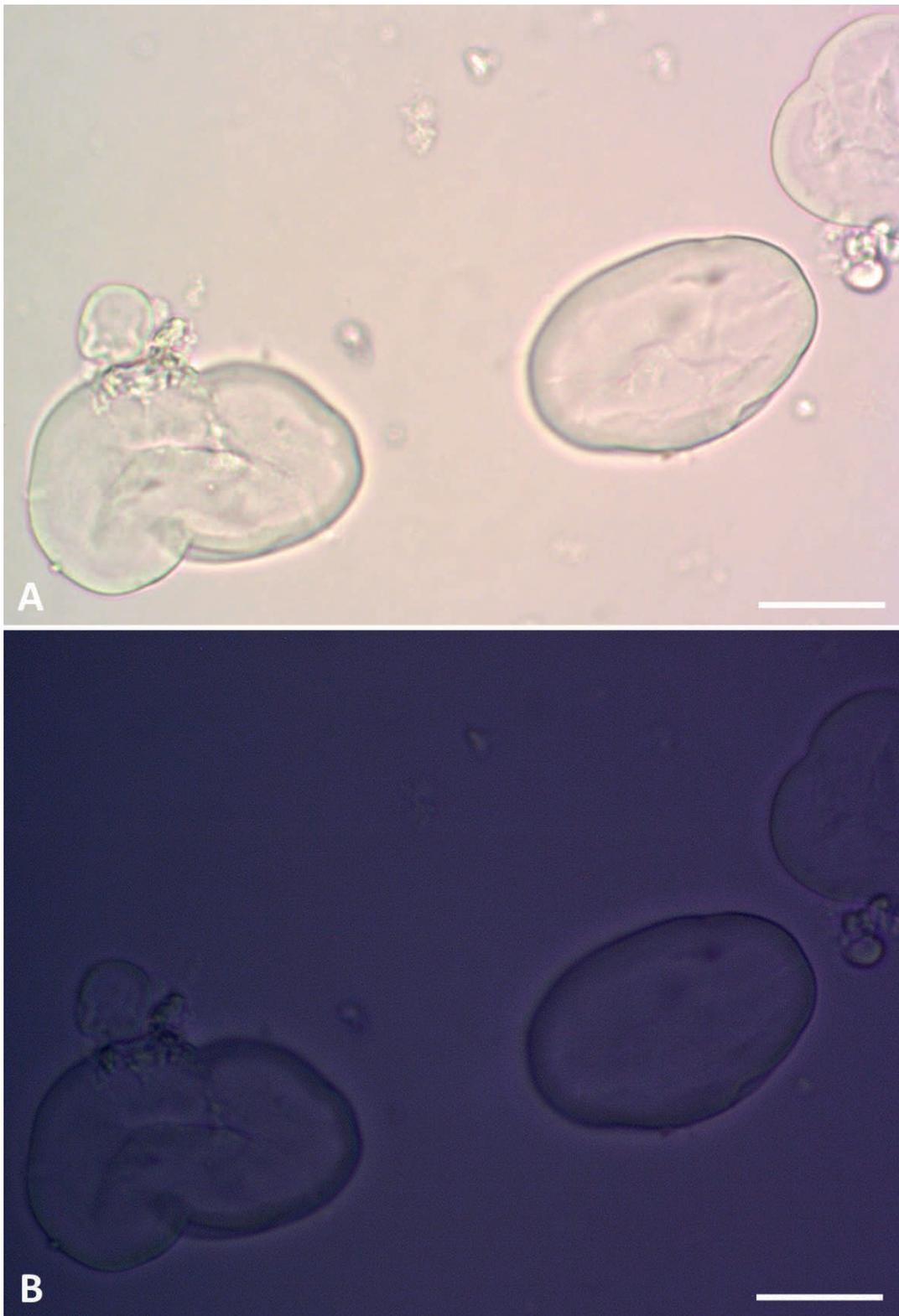


Figura 86. Grãos de amido de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) variedade fradinho gelatinizados. (A) Grãos gelatinizados; **(B)** Sob luz polarizada, não revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 µm

Na figura 86, na imagem A, observam-se os grãos gelatinizados que, devido a perda da propriedade de birrefringência, não revelam a cruz de Malta negra sob luz polarizada, como mostra a imagem B.

4.3 GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)

O grão-de-bico, também conhecido como garbanzo na América Latina, é cultivado principalmente na Ásia e região mediterrânea, sendo a terceira espécie de leguminosa mais consumida no mundo. No Brasil, o grão-de-bico é cultivado principalmente na região Sul por se adaptar melhor em regiões frias, mas o seu consumo ainda é muito limitado quando comparado com outras leguminosas, como o feijão. A parte usada são as sementes; seu consumo está voltado para os grãos inteiros, mas apresenta grande potencial a ser explorado, nutricional e tecnologicamente, principalmente no estudo de seu amido para que novas utilizações sejam possíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O amido de grão-de-bico é considerado de digestão lenta no trato gastrointestinal se comparado a outros amidos de alimentos importantes, como a batata, o arroz e os produtos de trigo refinado (POLESI, 2009).

Embora haja limitações, percebe-se um crescente consumo do grão-de-bico cozido frio ou quente e em saladas, como pastas e em sopas (OLIVEIRA *et al.*, 2009), o que denota sua importância para análise de alimentos, uma vez que elementos histológicos típicos da espécie podem estar presentes em uma ampla gama de produtos alimentícios processados, sendo o amido um dos elementos diagnósticos mais importante.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE GRÃO-DE-BICO

Os grãos de amido de grão-de-bico se apresentam em estado isolado de formato oval alongado e circular, alguns de contorno irregular. Medem, em média, 10µm de largura e 20µm de comprimento. Possuem o sistema de estratificação com estrias concêntricas marcantes e hilo central linear perceptível em poucos grãos. A birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.



Figura 87. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). (A-B) Grãos de formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e oval alongado (3). Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens A e B da figura 87, os grãos isolados de amido de grão-de-bico nos formatos circulares (1), de contorno irregular (2) e oval alongado (3).

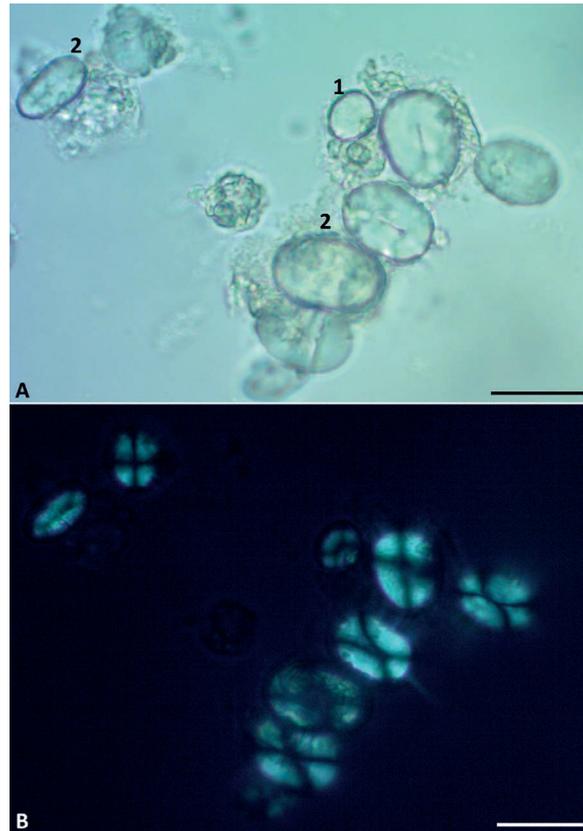


Figura 88. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). (A) Grãos de formatos circulares (1) e oval alongado (2). **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 µm

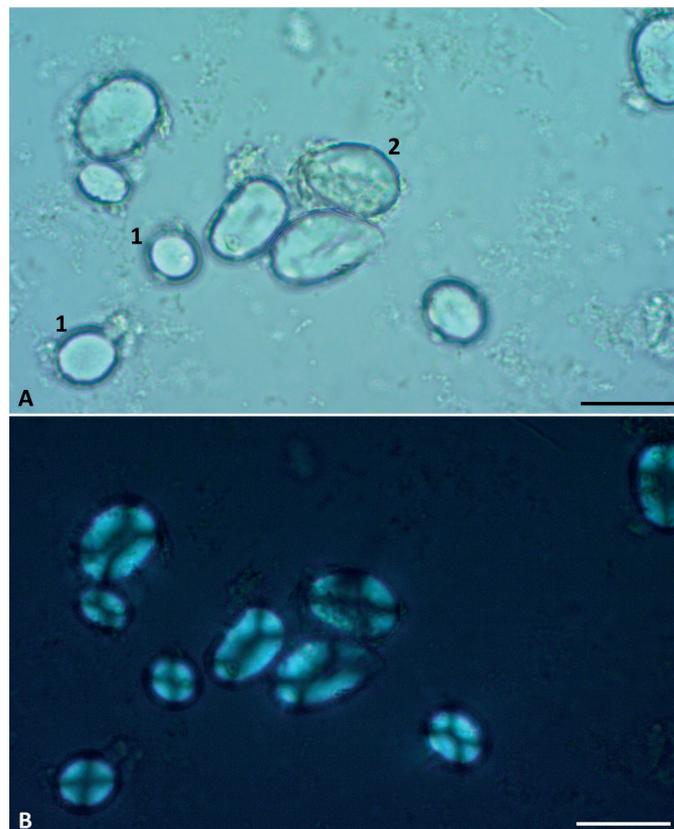


Figura 89. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). (A) Grãos de formatos circulares (1) e oval alongado (2). **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 µm

Observam-se, nas imagens A das figuras 88 e 89, os grãos de amido de grão-de-bico nos formatos circulares (1) e oval alongado (2) em campo claro. Nas imagens B, sob luz polarizada, a birrefringência dos grãos revela a cruz de Malta negra.

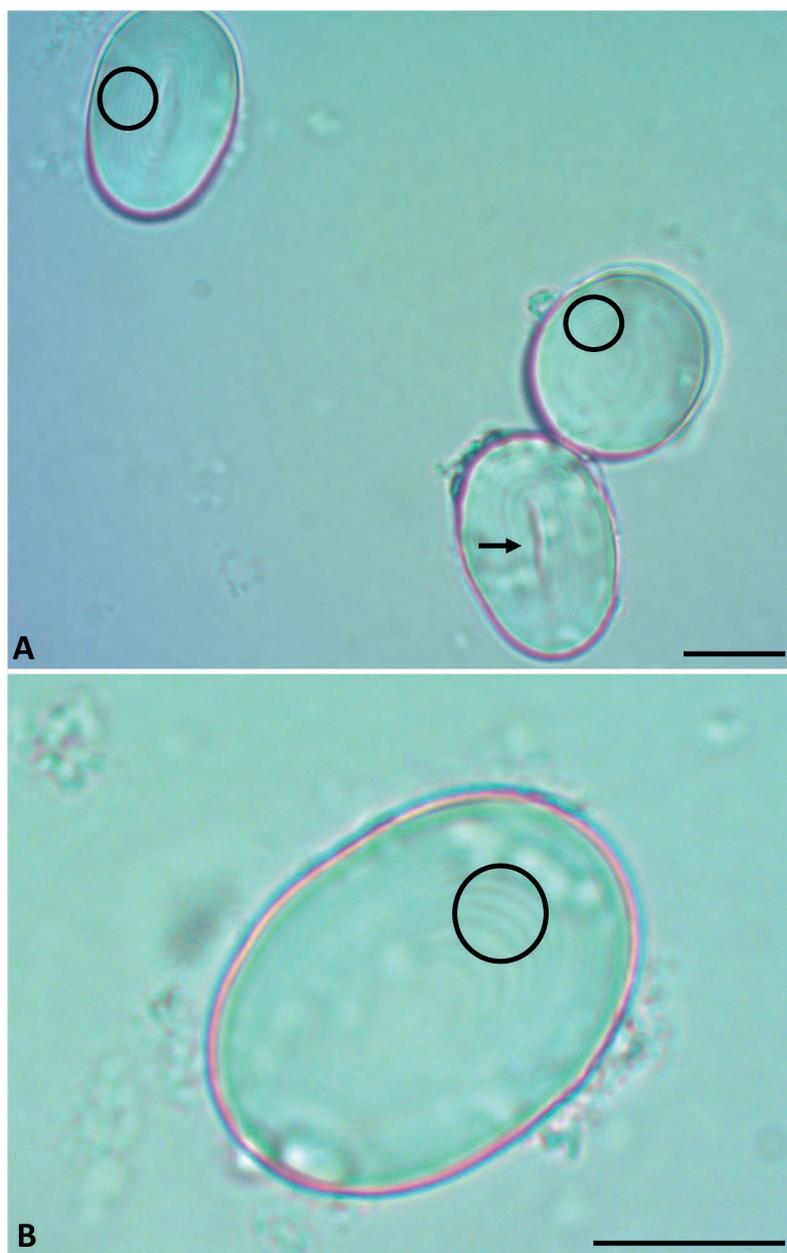


Figura 90. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) em lente de maior aumento do microscópio. (A-B) Hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A) = 20 μ m; (B) = 10 μ m

Observam-se, de forma marcante, as características diagnósticas internas dos grãos de amido de grão-de-bico em lente de maior aumento do microscópio na figura 90. Nas imagens A e B, observam-se grãos com o sistema de estratificação com estrias concêntricas (círculo) e o hilo central linear (seta) em um dos grãos. O hilo nos grãos de amido do grão-de-bico é uma característica observada em alguns grãos, portanto, os diferentes planos de foco com ajuste do microscópio são fundamentais para observar as características e identificar as diferentes espécies de grãos de amido.

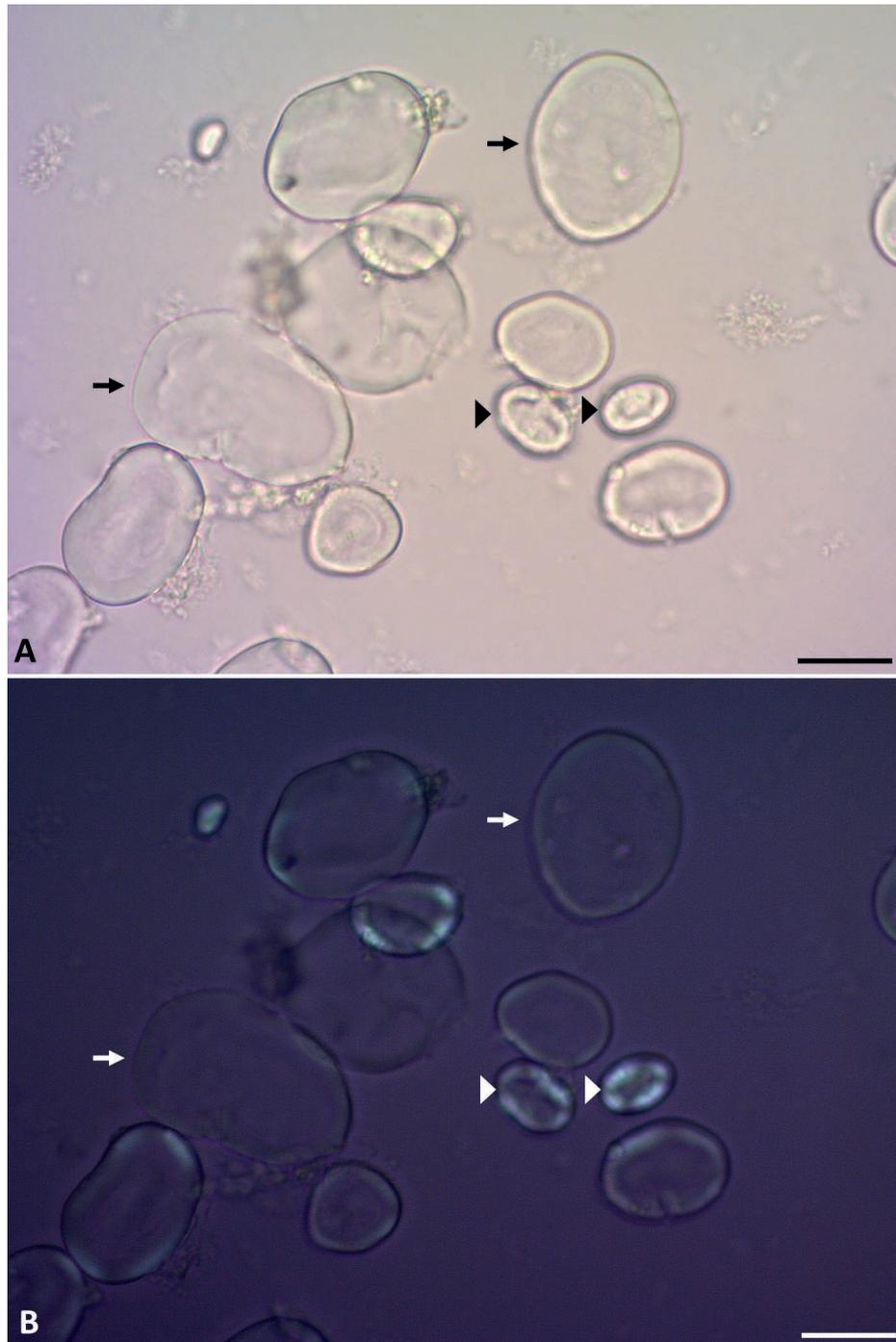


Figura 91. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos intumescendo (cabeça de seta) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada, revelada parcialmente cruz de Malta negra nos grãos intumescendo (cabeça de seta) e não revelada em grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 91 apresenta o processo de gelatinização dos grãos de amido de grão-de-bico. Na imagem A, observam-se grãos intumescendo (cabeça de seta), com perda parcial das características diagnósticas internas de identificação, e grãos gelatinizados (seta) com perda total das características. Na imagem B, sob luz polarizada, observam-se os grãos intumescendo (cabeça de seta), revelando parcialmente a cruz de Malta negra, enquanto que os grãos gelatinizados (seta) não a revelam devido à perda desta característica de identificação.

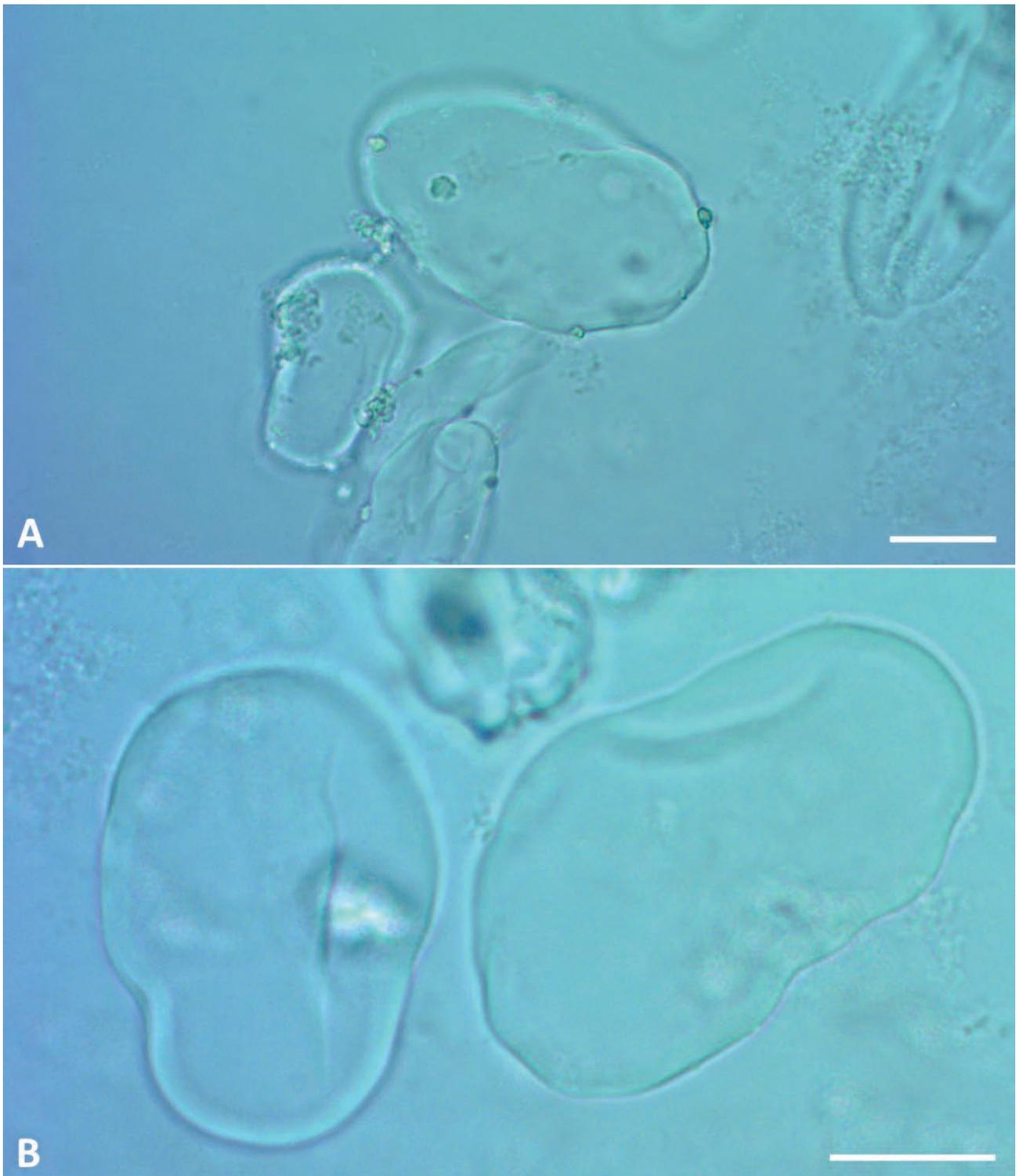


Figura 92. Grãos de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens da figura 92, os grãos de amido de grão-de-bico gelatinizados com perda completa da morfologia típica de identificação.

4.4 ERVILHA (*Pisum sativum* L.)

A parte usada da ervilha é a semente, altamente nutritiva, rica em sais minerais e vitaminas A, B e C, com ampla alternativa na alimentação. Seu fruto, também chamado de vagem, contém sementes globosas verdes saborosas. É uma planta herbácea anual, cultivada em regiões de clima temperado com temperaturas amenas e nas regiões tropicais em locais de maior altitude (GIORDANO, 1997).

Quando fresca, fica envolvida em casca, como se fosse uma vagem, usada em sopas, tortas e saladas, mas também pode ser consumida em conserva. Os grãos secos podem ser transformados em farinha de ervilha que tem emprego na fabricação de sopas instantâneas e na panificação. No Brasil, é mais consumida na forma de ervilha seca partida ou de grãos secos reidratados e enlatados, embora esse consumo ainda seja pequeno (POLESI, 2009).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE ERVILHA

Os grãos de amido de ervilha se apresentam em estado isolado de formato oval alongado e circular, alguns de contorno irregular. Medem, em média, de 18µm a 22µm de diâmetro. Possuem o sistema de estratificação com estrias concêntricas e hilo central linear. A propriedade de birrefringência dos grãos sob luz polarizada revela a cruz de Malta negra.

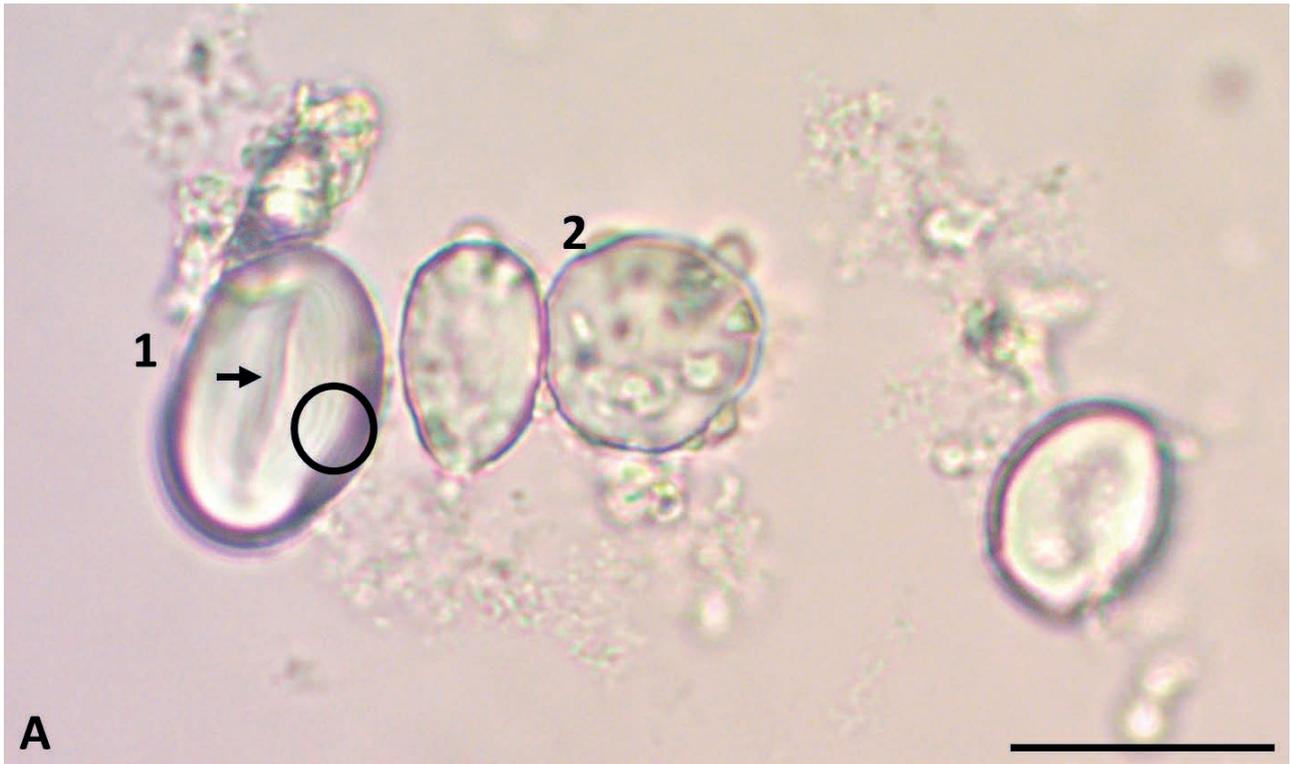


Figura 93. Grãos de amido de ervilha (*Pisum sativum* L.). (A-B) Grãos em estado isolado de formatos oval alongado (1) e circular de contorno irregular (2), hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 93 apresenta os grãos de amido de ervilha em estado isolado. Observam-se, nas imagens A e B, grãos de formatos oval alongado (1) e circular de contorno irregular (2) com hilo central de formato linear (seta) e o sistema de estratificação com estrias concêntricas (círculo) marcantes.

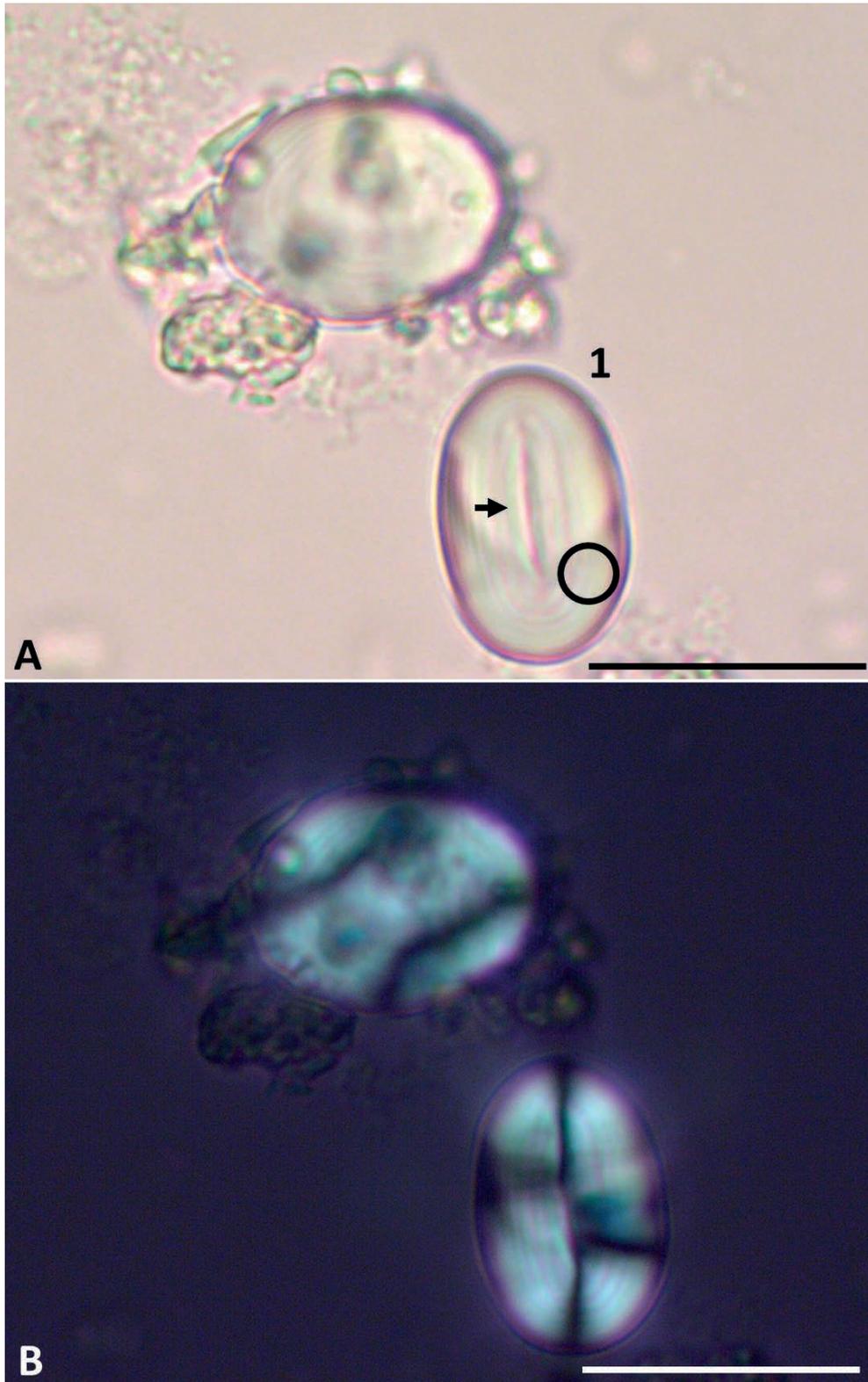


Figura 94. Grãos de amido de ervilha (*Pisum sativum* L.). (A) Grão de formato oval alongado (1) com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada. Escala: (A, B) = 20 µm

Observam-se, na imagem A da figura 94, grão de formato oval alongado (1), hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo) marcantes. Na imagem B, observa-se a cruz de Malta negra revelada sob luz polarizada devido à propriedade de birrefringência dos grãos.

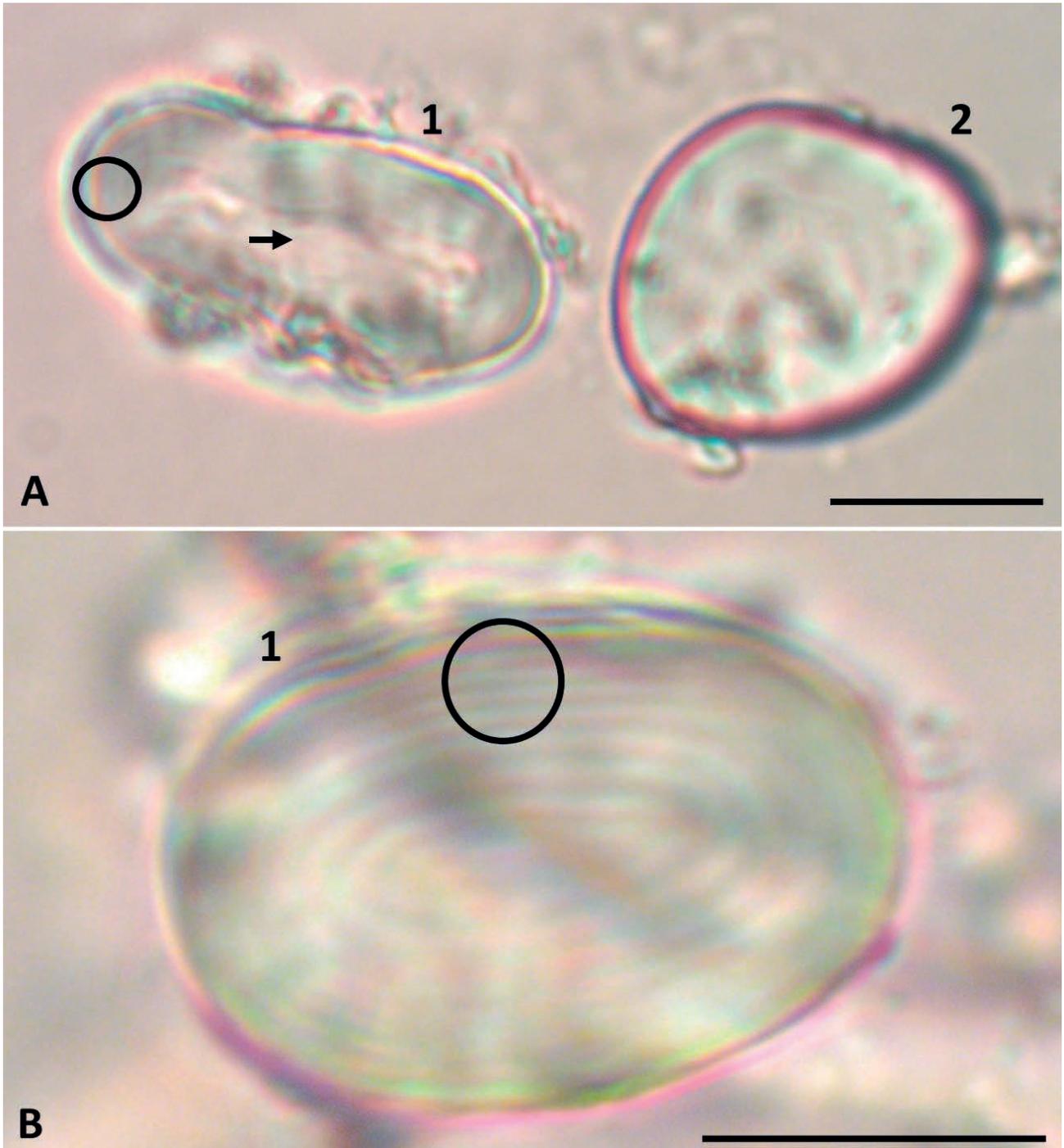


Figura 95. Grãos de amido de ervilha (*Pisum sativum* L.). (A) Grão oval alongado de contorno irregular (1) com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo) e grão circular de contorno irregular (2). **(B)** Grão oval alongado (1) com estrias concêntricas (círculo). Escala: (A, B) = 10 μ m

A figura 95 apresenta, em lente de maior aumento do microscópio, as características diagnósticas dos grãos de amido de ervilha. Observam-se, na imagem A, grão oval alongado de contorno irregular (1) com hilo central linear (seta) e estrias concêntricas (círculo) marcantes; e grão de formato circular de contorno irregular (2). Na imagem B, observa-se o grão oval alongado (1) com estrias concêntricas (círculo) marcantes.

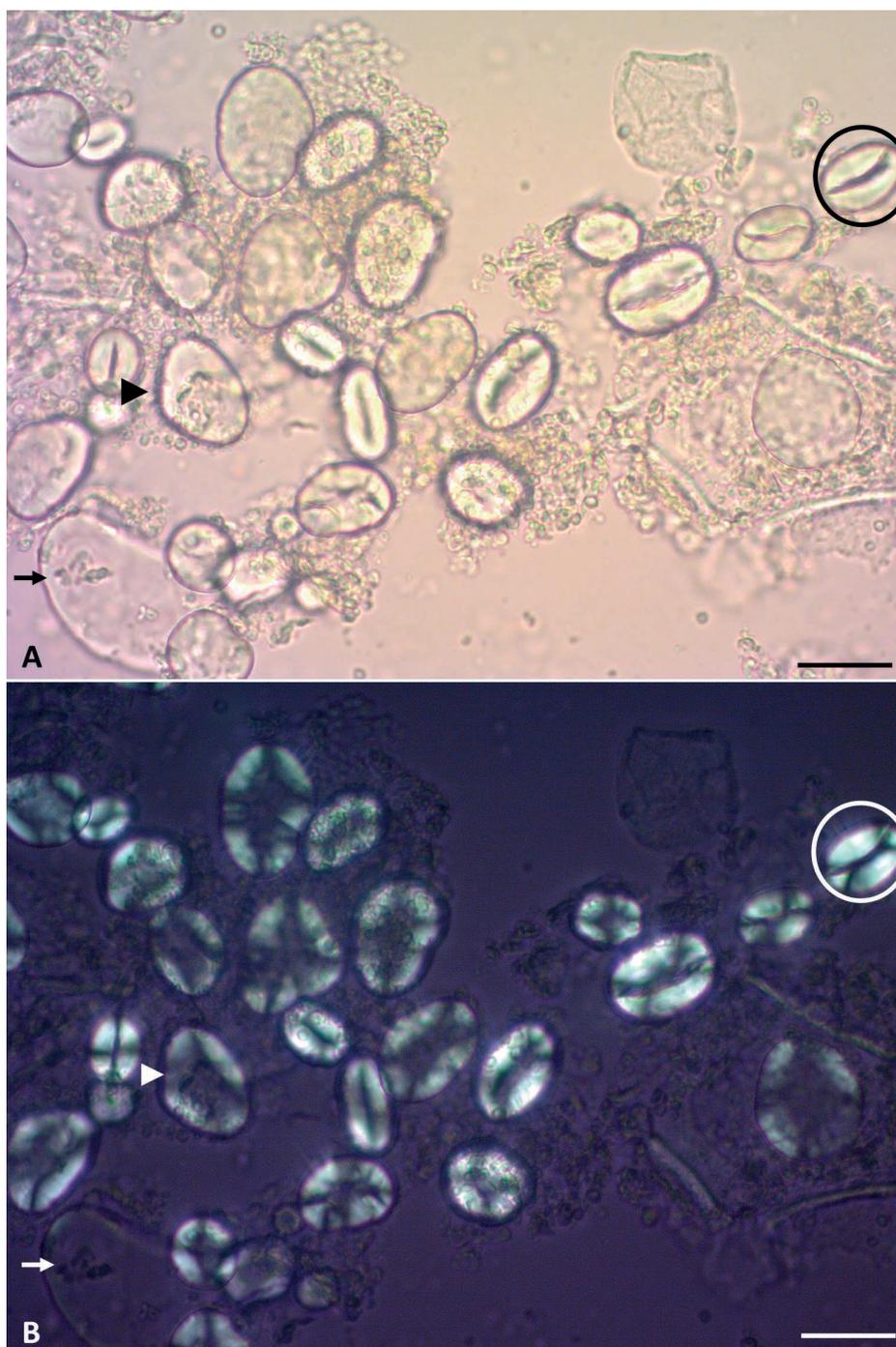


Figura 96. Grãos de amido de ervilha (*Pisum sativum* L.) em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (círculo), grãos intumescendo (cabeça de seta) e grãos gelatinizados (seta). **(B)** Sob luz polarizada revelada cruz de Malta negra em grãos inalterados (círculo), revelada parcialmente em grãos intumescendo (cabeça de seta) e não revelada em grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Observa-se o processo de gelatinização dos grãos de amido de ervilha nas imagens da figura 96. Na imagem A, grãos inalterados (círculo), grãos intumescendo (cabeça de seta) e grãos gelatinizados (seta) com perda das características diagnósticas internas de identificação. Na imagem B, sob luz polarizada, a cruz de Malta negra é revelada em grãos inalterados (círculo), revelada parcialmente em grãos intumescendo (cabeça de seta) e não revelada em grãos gelatinizados (seta).

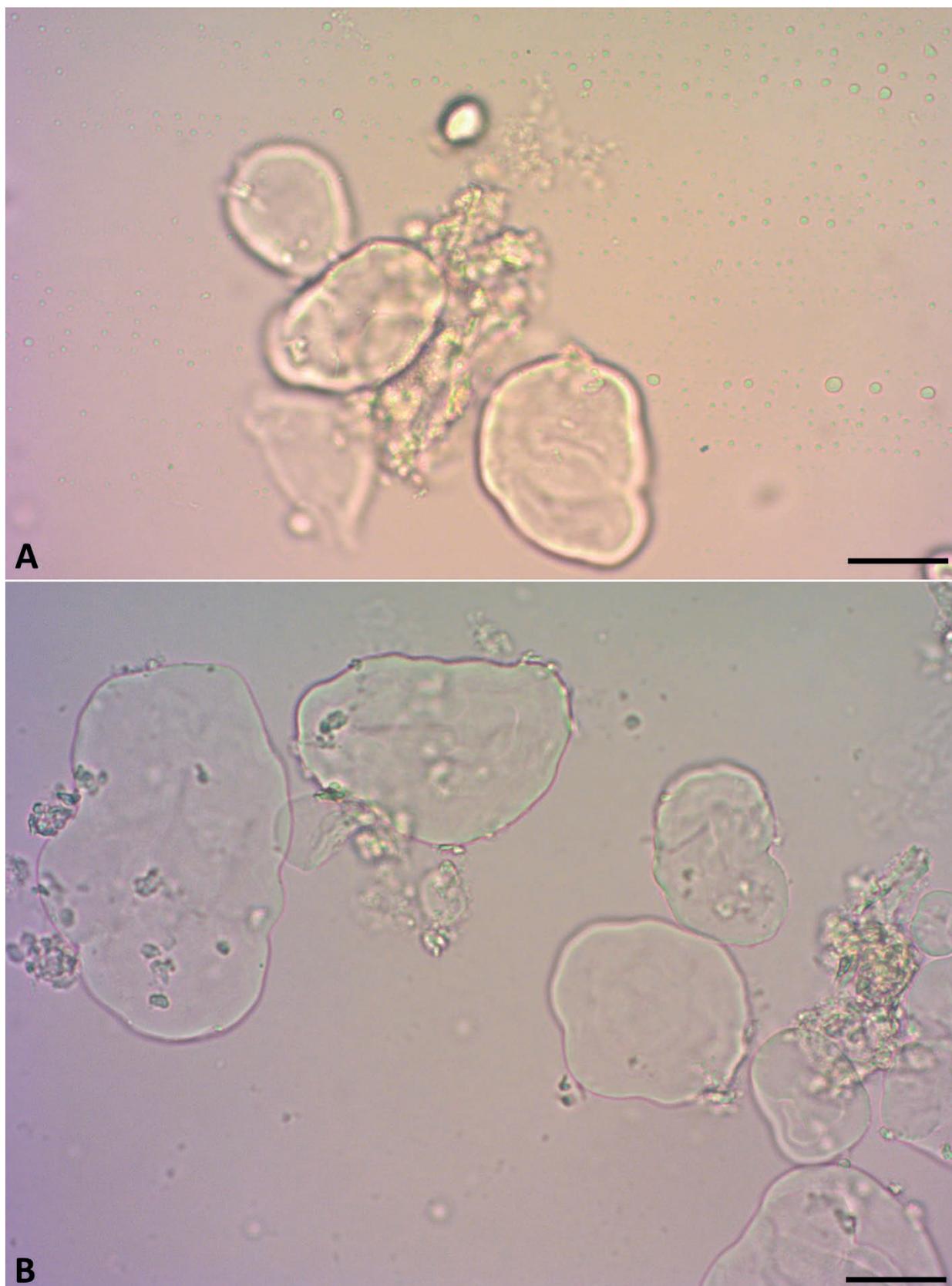


Figura 97. Grãos de amido de ervilha (*Pisum sativum* L.) gelatinizados. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens da figura 97, os grãos de amido de ervilha gelatinizados com perda completa da morfologia típica de identificação.



5. ORDEM ZINGIBERALES



FICHA DESCRITIVA

Ordem
Zingiberales

Família Musaceae

Banana (*Musa* spp.)

Ordem Zingiberales

É uma ordem de plantas das Monocotiledôneas¹², raiz fasciculada (em forma de cabeleira) e folhas com nervuras paralelas (JUDD *et al.*, 2009; COSTA; ESPINELI; FIGUEIREDO, 2011).

Esta ordem integra aproximadamente 8 (oito) famílias, 92 (noventa e dois) gêneros e 2.185 espécies, e ocorrem principalmente nos trópicos. As famílias com maior representatividade são: Cannaceae, Marantaceae, Zingiberaceae e Musaceae (JUDD *et al.*, 2009; MOBOT, 2023).

Família Musaceae

Esta família possui distribuição paleotropical, integra 2 (dois) gêneros com aproximadamente 35 (trinta e cinco) espécies. Nesta família encontramos o gênero *Musa* spp. onde os híbridos são conhecidos popularmente como bananeiras. Do ponto de vista econômico, destacam-se as bananeiras (*Musa paradisiaca*) que produzem frutos partenocárpicos¹³ comestíveis, representando uma das frutas mais cultivadas e consumidas pelo homem, de alta importância comercial (COSTA; ESPINELI; FIGUEIREDO, 2011; SOUZA; LORENZI, 2019).

12 Grupo de plantas das Angiospermas (cerca de 22% das espécies), constituindo um clado reconhecido e bem caracterizado. São plantas herbáceas em geral, com ramificação simpodial. Na maioria das vezes não forma raiz primária, mas, sim, raízes uniformes de origem caulinar. As folhas, em sua maioria, possuem nervação paralela, os grãos de pólen são monossulcados e as plântulas têm apenas um só cotilédone (BRESINSKY *et al.*, 2012).

13 Formação de frutos sem fecundação; os óvulos, em consequência, não produzem sementes ou, quando isto ocorre, as sementes são imperfeitamente desenvolvidas e estéreis (BRESINSKY *et al.*, 2012).

5.1 BANANA (*Musa spp.*)

Banana é o termo genérico usado para espécies de híbridos do gênero *Musa*, derivadas das espécies selvagens (*Musa acuminata* Colla e *Musa balbisiana* Colla). No Brasil, não ocorrem espécies nativas, mas as bananeiras são plantas tão amplamente cultivadas que chegam a ser confundidas com as plantas nativas (TAKEITI *et al.*, 2020).

A bananeira é tipicamente tropical; para se desenvolver, exige calor constante, chuvas bem distribuídas e elevada umidade relativa, condições encontradas em todo território nacional, sendo cultivada de norte a sul do Brasil, com grande expressão econômica e elevada importância social como fonte barata de energia, minerais e vitaminas (BORGES *et al.*, 2006).

Devido ao elevado conteúdo de amido nos frutos verdes, a banana tem sido alvo de interesse como matéria-prima para a produção de farinha para uso alimentício, além de outros fins industriais, como a formação de filmes comestíveis, ou outros (LEONEL *et al.*, 2011; TAKEITI *et al.*, 2020).

No Brasil, praticamente toda a produção de banana é consumida no estado *in natura*. É um alimento importante em populações de menor renda não só pelo alto valor nutritivo; pois contém vitaminas A, B, e C, muito potássio, pouco sódio e nenhum colesterol, mas também pelo baixo custo (BORGES *et al.*, 2006).

Além do consumo *in natura*, a banana pode ser consumida em purê, torta, sorvete com merengue, ou ainda sofrer processamentos diversos, originando banana em pó liofilizada, banana desidratada, farinha de banana, doce de banana, bananas em caldas, geleias e bolos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Nas análises microscópicas, ao observar amostras de banana *in natura*, os grãos de amido podem estar presentes no interior da célula amilífera, sendo possível observá-la (parede celular). A depender do processamento do alimento, a célula amilífera não estará presente.

Nesta obra, foram descritas as características diagnósticas dos grãos de amido das variedades de banana prata, ouro e maçã, incluindo a presença de células amilíferas por meio do processamento de material *in natura*, para evidenciá-las aos analistas.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE AMIDO DE BANANA

Os grãos de amido de banana se apresentam em estado isolado e medem, em média, de 20 μm a 40 μm . Possuem diferentes formatos demasiadamente irregulares; alguns periforme, ovoide ou oval alongado, de contorno irregular, a depender da variedade analisada, descritas a seguir. Dependendo do processamento do alimento analisado, as células amilíferas podem estar presentes com uma delgada parede celular. Possuem o sistema de estratificação com estrias excêntricas marcantes e hilo pontuado na extremidade do grão não perceptível. Sob luz polarizada, a propriedade de birrefringência dos grãos revela a cruz de Malta negra.

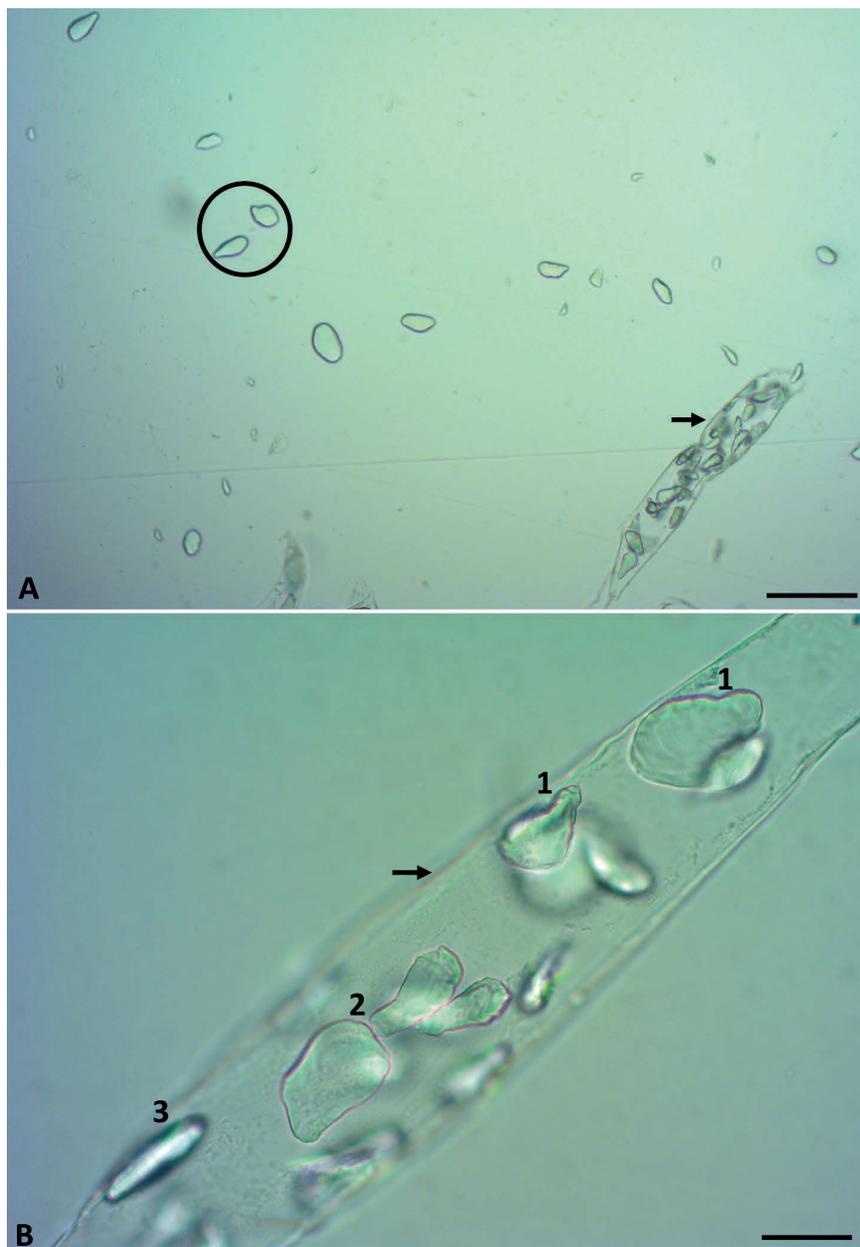


Figura 98. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A) Parede celular delgada (seta) da célula amilífera com grãos isolados no interior; e grãos isolados (círculo) no exterior após rompimento da parede celular. **(B)** Parede celular delgada (seta) da célula amilífera com grãos isolados no interior de formatos periforme (1), ovoide (2) e oval alongado (3) de contorno irregular. Escala: (A) = 100 μm ; (B) = 20 μm

Observam-se, nas imagens da figura 98, grãos isolados de amido de banana prata no interior e exterior da célula amilífera. Na imagem A, observam-se grãos isolados no interior da célula amilífera, quando presente, com delgada parede celular (seta); e grãos isolados no exterior (círculo) da célula amilífera após rompimento da parede celular. Na imagem B, em lente de maior aumento do microscópio, observam-se a parede celular delgada (seta) da célula amilífera e grãos isolados no interior de formatos periforme (1), ovoide (2) e oval alongado (3) de contornos irregulares.

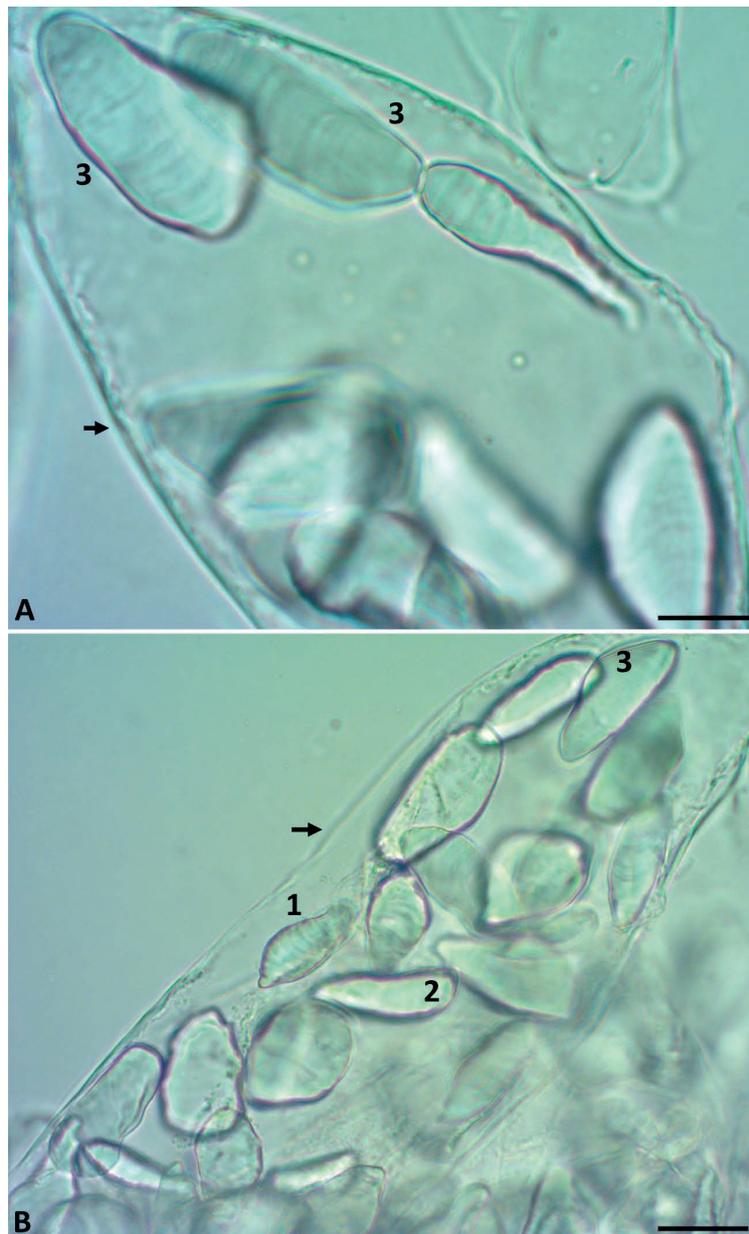


Figura 99. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A-B) Parede celular delgada (seta) da célula amilífera; e grãos isolados no interior de formatos periforme (1), ovoide (2) e oval alongado (3) de contorno irregular. Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens A e B da figura 99, observam-se, em lente de maior aumento do microscópio, a parede celular delgada (seta) da célula amilífera e grãos isolados no interior da célula de formatos periforme (1), ovoide (2) e oval alongado (3) de contorno irregular.

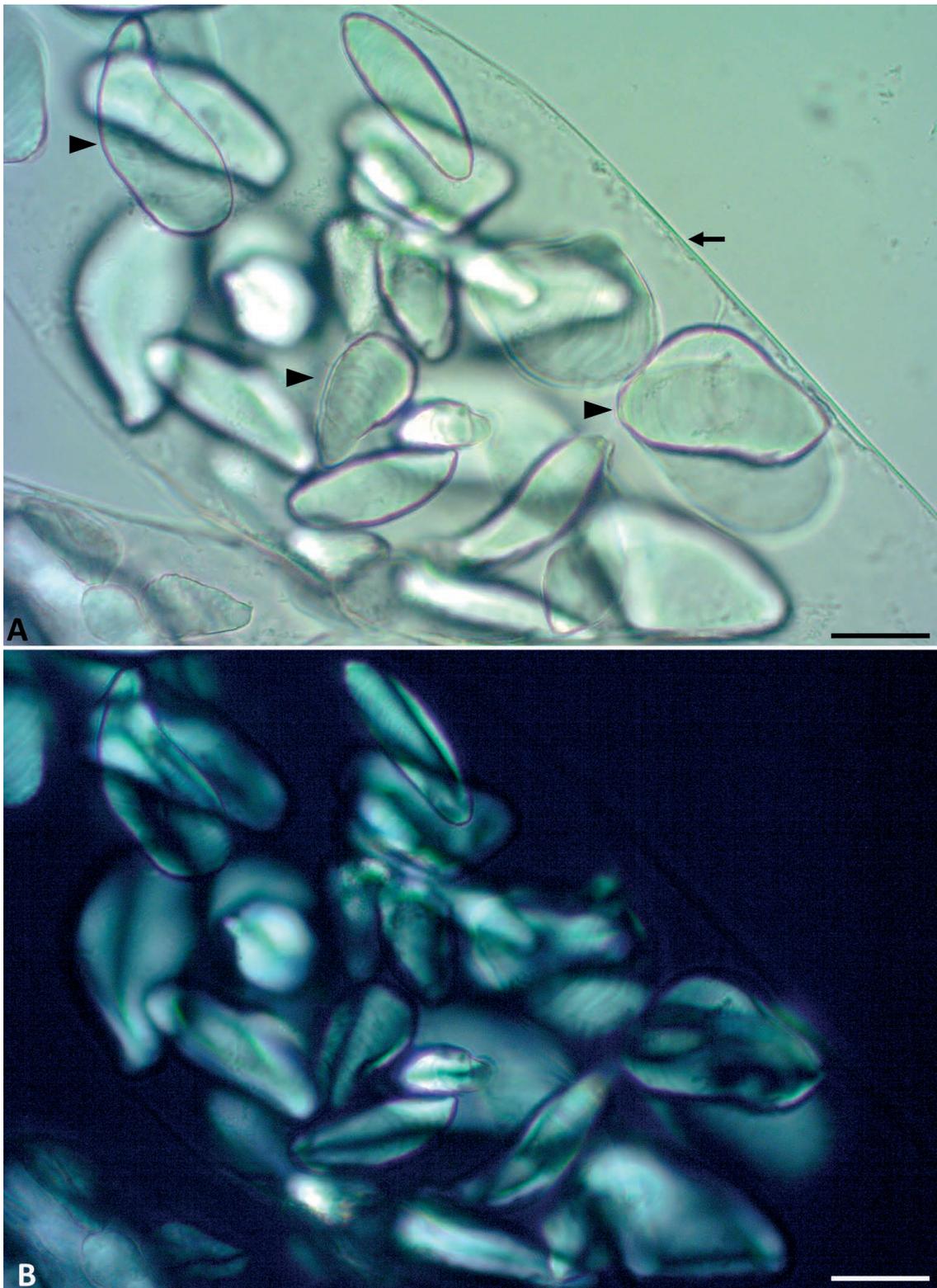


Figura 100. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A) Parede celular delgada (seta) e grãos isolados no interior da célula amilífera (cabeça de seta) de diferentes formatos. **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 µm

Na imagem A da figura 100, observam-se a parede celular delgada (seta) e grãos isolados no interior da célula amilífera (cabeça de seta) de diferentes formatos. Na imagem B, sob luz polarizada, a propriedade de birrefringência dos grãos revela a cruz de Malta negra.



Figura 101. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A-B) Grãos isolados de formatos periforme (1) e oval alongado (2) de contorno irregular. Escala: (A, B) = 20 μ m

Nas imagens da figura 101, observam-se os grãos isolados de amido de banana prata de formatos periforme (1) e oval alongado (2) de contorno irregular.

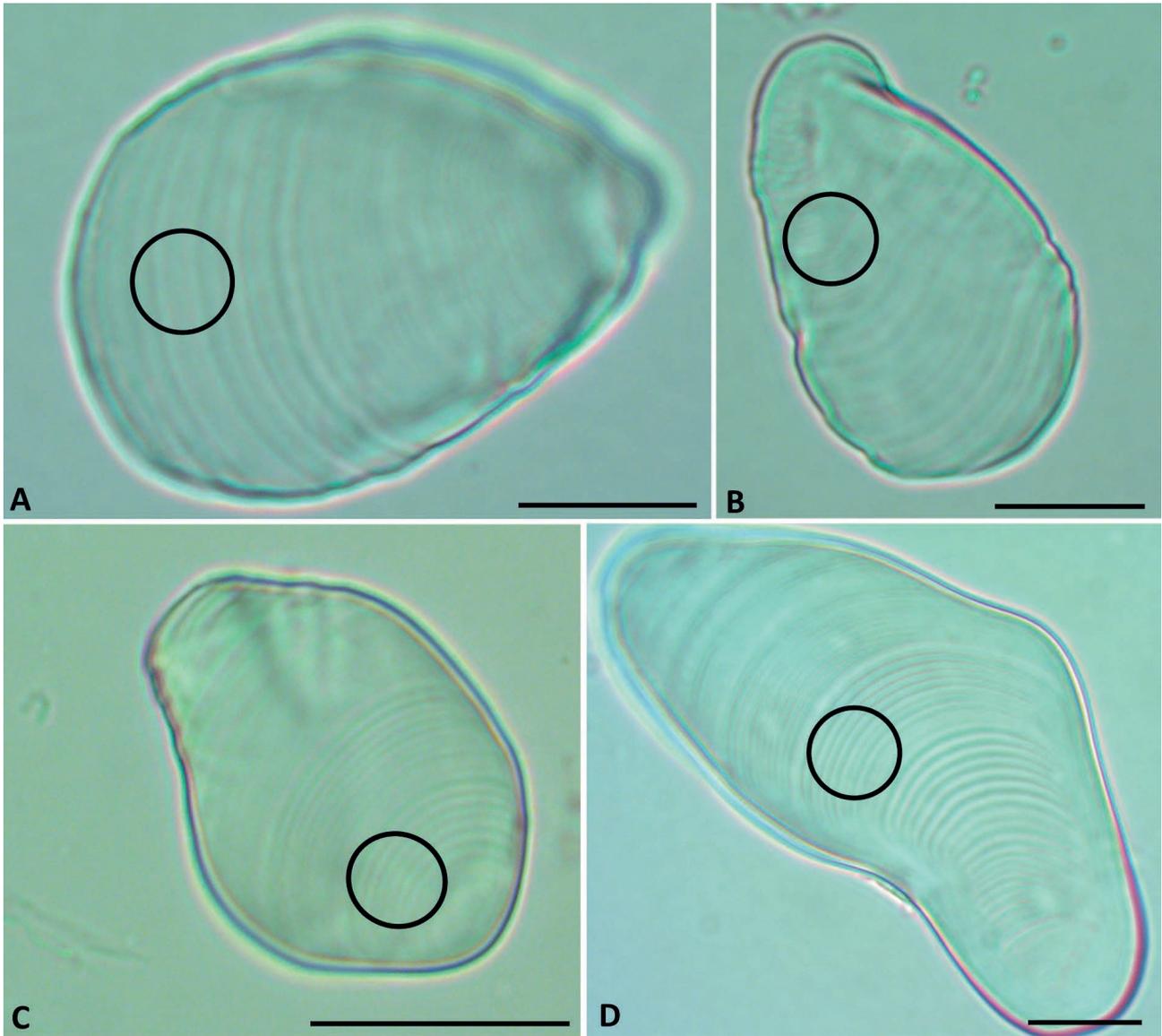


Figura 102. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A-B-C) Grãos isolados de formato periforme, de contorno irregular; com estrias excêntricas marcantes (círculo). **(D)** Grão isolado de formato oval alongado, de contorno irregular; com estrias excêntricas marcantes (círculo). Escala: (A-D) = 10 μ m

Na figura 102, observam-se, nas imagens A, B e C, grãos isolados de amido de banana prata de formato periforme de contorno irregular com o sistema de estratificação com estrias excêntricas (círculo) transversais bem marcantes. Na imagem D, grão isolado de formato oval alongado de contorno irregular com estrias excêntricas (círculo) transversais bem marcantes.

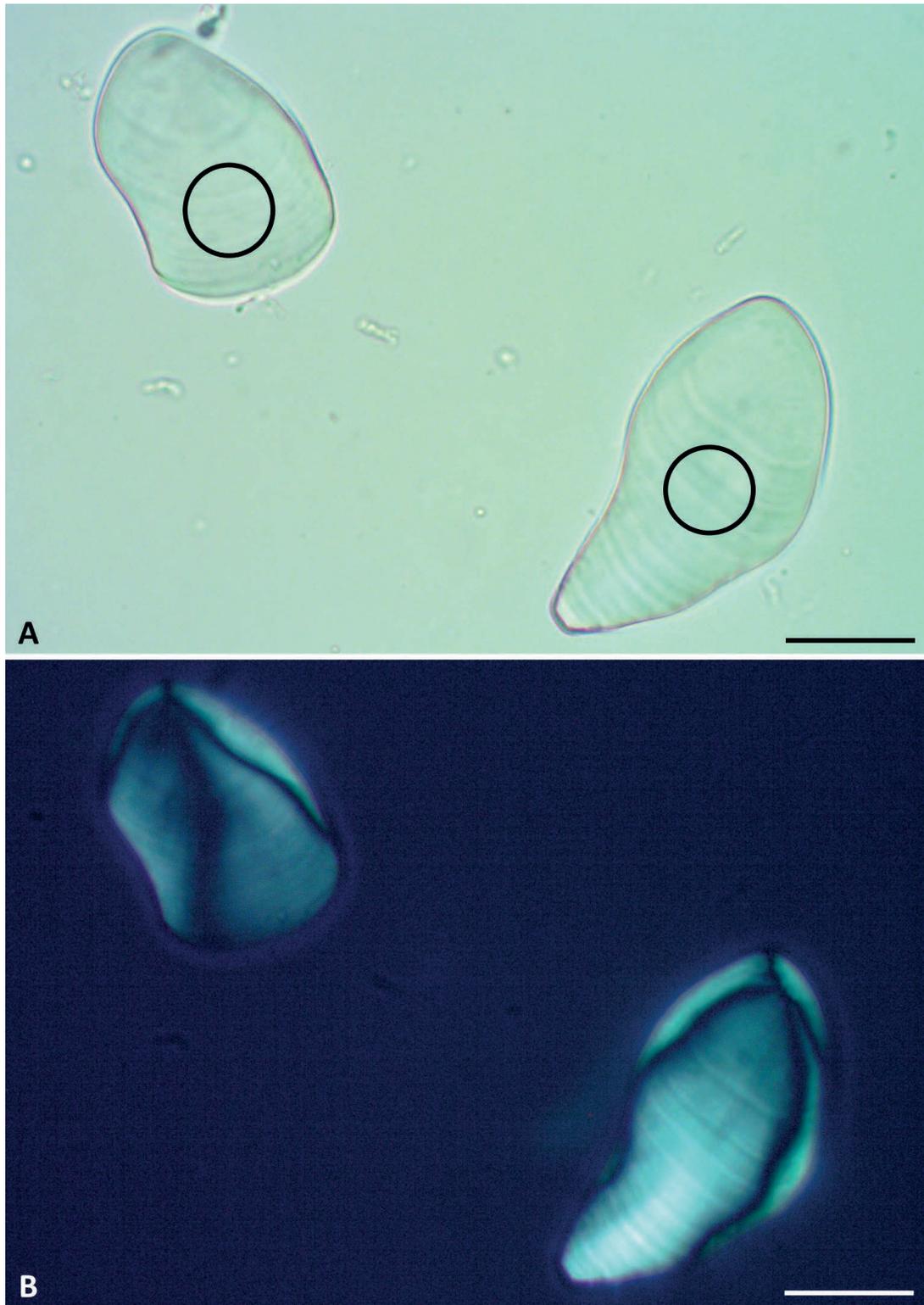


Figura 103. Grãos de amido de banana prata (*Musa spp.*). (A) Grãos de diferentes formatos com estrias excêntricas (círculo) marcantes. (B) Sob luz polarizada, revelam a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 10 μm

Na imagem A da figura 103, observam-se grãos de diferentes formatos com estrias excêntricas (círculo) marcantes. Embora possuam hilo pontuado, essa característica diagnóstica não é relevante para identificação, pois não é perceptível nos grãos. Observam-se, na imagem B, a cruz de Malta negra revelada sob luz polarizada devido à propriedade de birrefringência dos grãos.

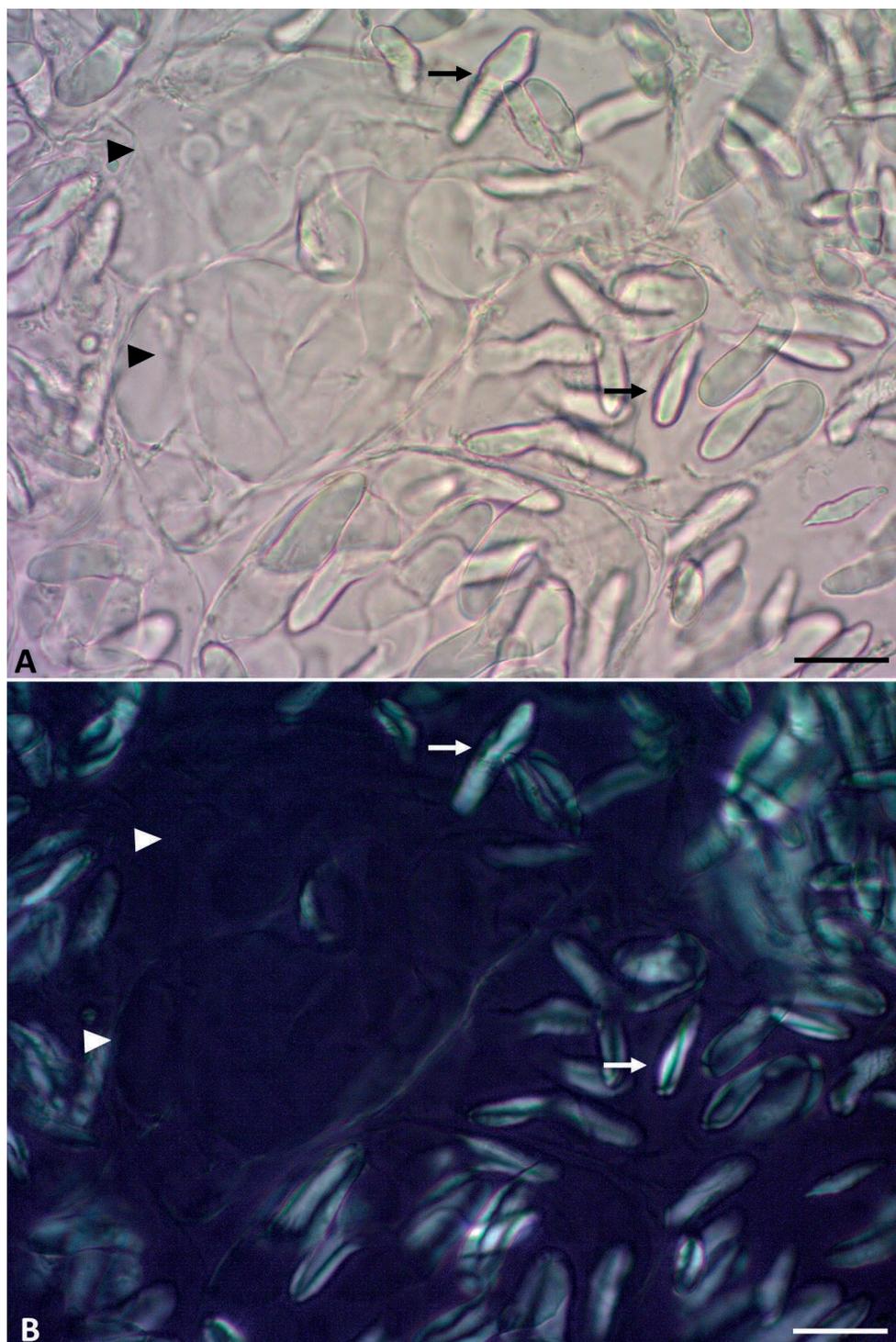


Figura 104. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata em processo de gelatinização. (A) Grãos inalterados (seta) e grãos gelatinizados (cabeça de seta). **(B)** Sob luz polarizada, revelada cruz de Malta negra em grãos inalterados (seta) e não revelada em grãos gelatinizados (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

Observa-se o processo de gelatinização dos grãos de amido de banana prata nas imagens da figura 104. Na imagem A, grãos inalterados (seta) e grãos gelatinizados (cabeça de seta) com perda das características diagnósticas de identificação. Na imagem B, evidencia-se a perda da propriedade de birrefringência dos grãos gelatinizados (cabeça de seta), pois, sob luz polarizada, não revelam a cruz de Malta negra, enquanto que os grãos inalterados (seta) a revelam.

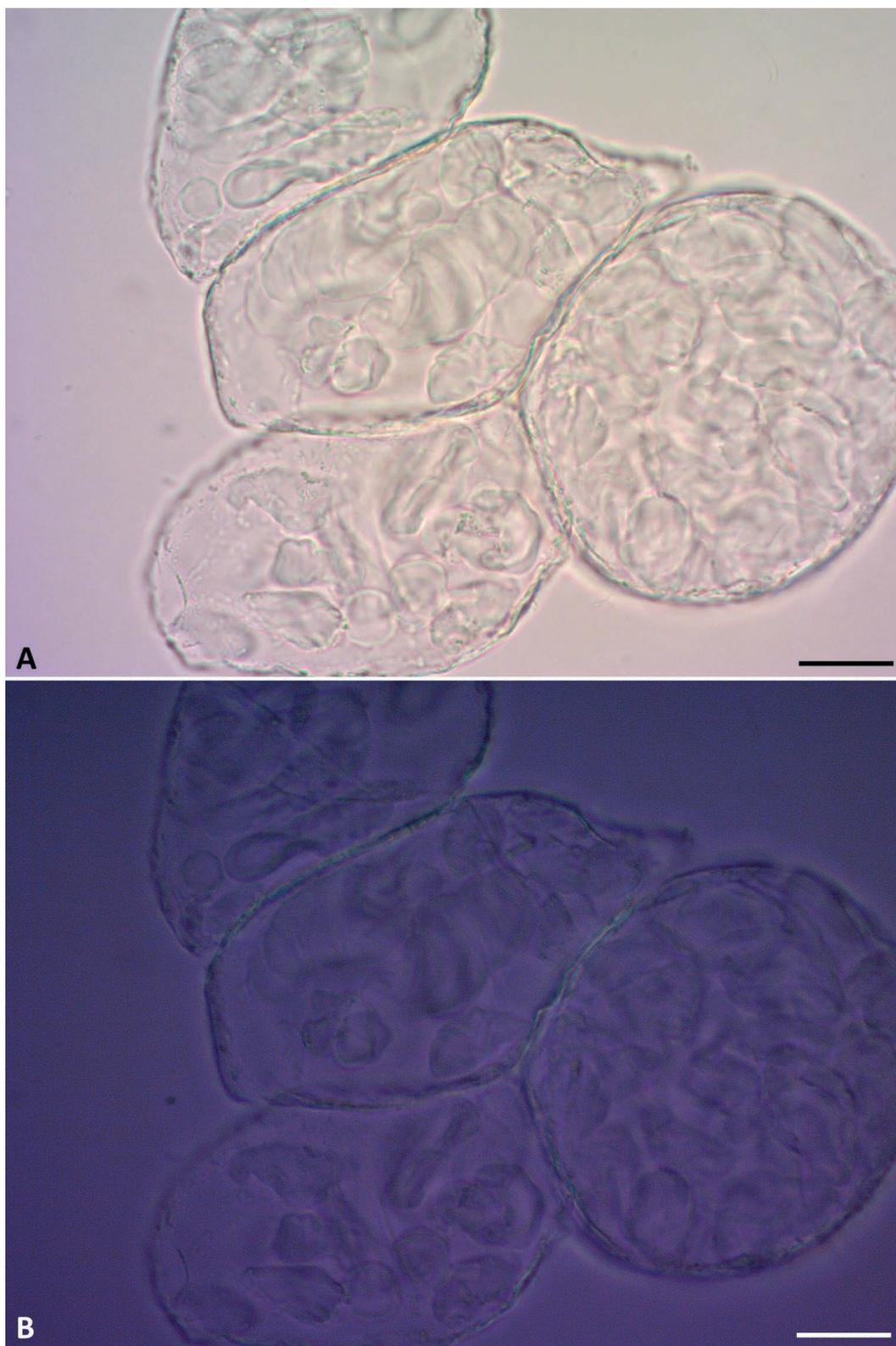


Figura 105. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade prata. (A) Grãos gelatinizados com perda da morfologia típica. **(B)** Sob luz polarizada, não revelada cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μm

Observam-se, na imagem A da figura 105, os grãos de amido de banana prata gelatinizados com perda completa da morfologia típica de identificação. A imagem B, sob luz polarizada, não revela cruz de Malta negra devido à perda da propriedade de birrefringência dos grãos.

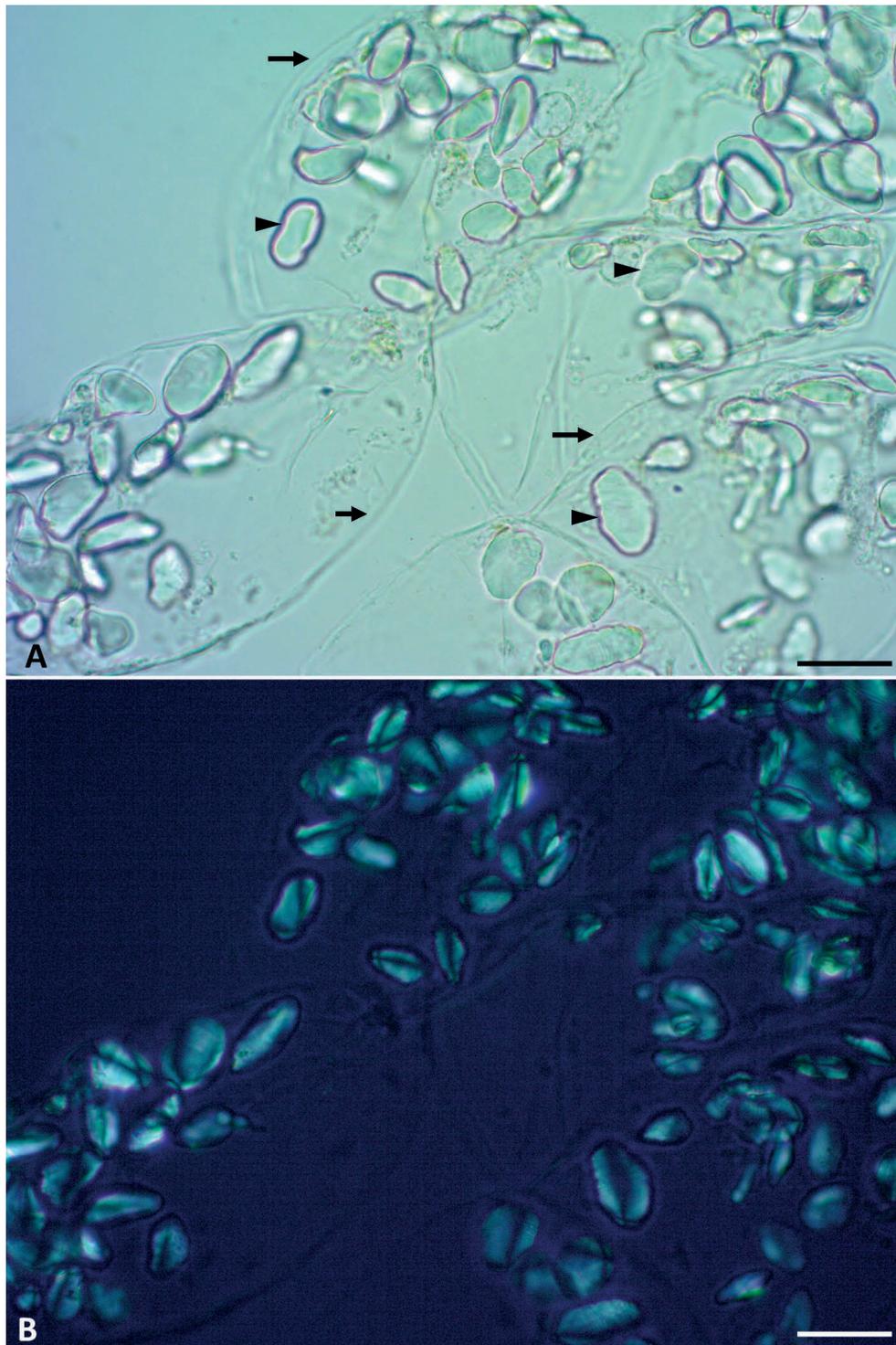


Figura 106. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade ouro. (A) Parede celular delgada (seta) com grãos isolados (cabeça de seta) no interior da célula amilífera de diferentes formatos irregulares. **(B)** Sob luz polarizada, revelada a cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μ m

Além da variedade de banana prata, descreve-se a variedade de banana ouro, na qual os grãos de amido, embora sejam semelhantes, são menores. Na imagem A da figura 106, observam-se a parede celular delgada (seta), e grãos isolados (cabeça de seta) de diferentes formatos irregulares no interior das células amilíferas. Observa-se, na imagem B, a cruz de Malta negra revelada sob luz polarizada devido à propriedade de birrefringência.

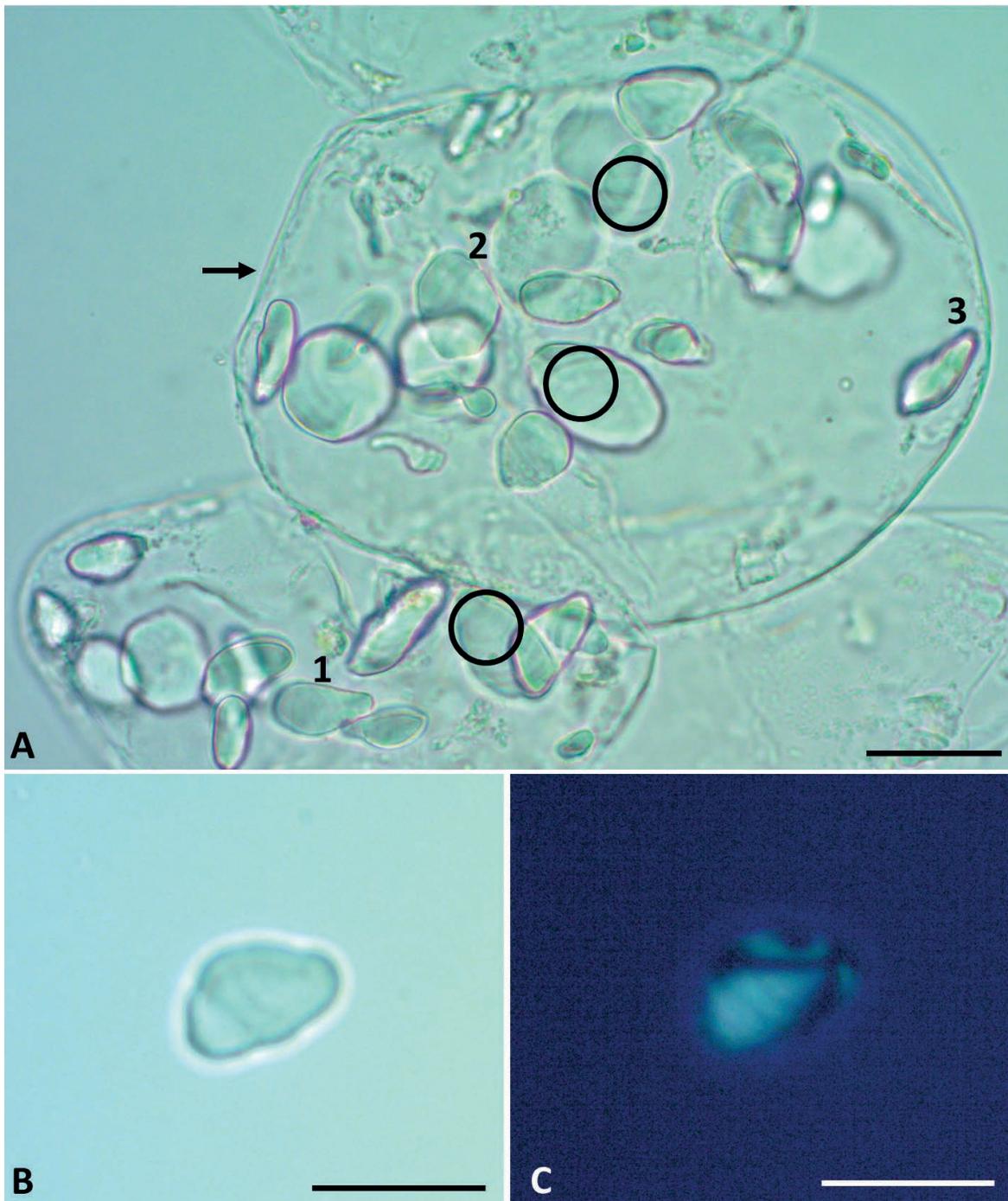


Figura 107. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade ouro. (A) Parede celular delgada (seta) da célula amilífera com grãos isolados de formatos periforme (1), ovoide (2) e oval alongado (3) de contorno irregular com estrias excêntricas (círculo) marcantes. **(B)** Grão isolado de contorno irregular. **(C)** Sob luz polarizada, revelada a cruz de Malta negra. Escala: (A-C) = 20 μ m

A figura 107 apresenta os grãos de amido de banana ouro. Na imagem A, observam-se a parede celular delgada (seta) da célula amilífera; no interior da célula, os grãos isolados de formatos periformes (1), ovoides (2) e oval alongado (3) de contornos irregulares com o sistema de estrias excêntricas (círculo) marcantes em alguns grãos. Na imagem B, observa-se grão isolado de contorno irregular; e, sob luz polarizada, a imagem C revela a cruz de Malta negra devido à propriedade de birrefringência. Semelhante a variedade de banana prata, o hilo não é perceptível.

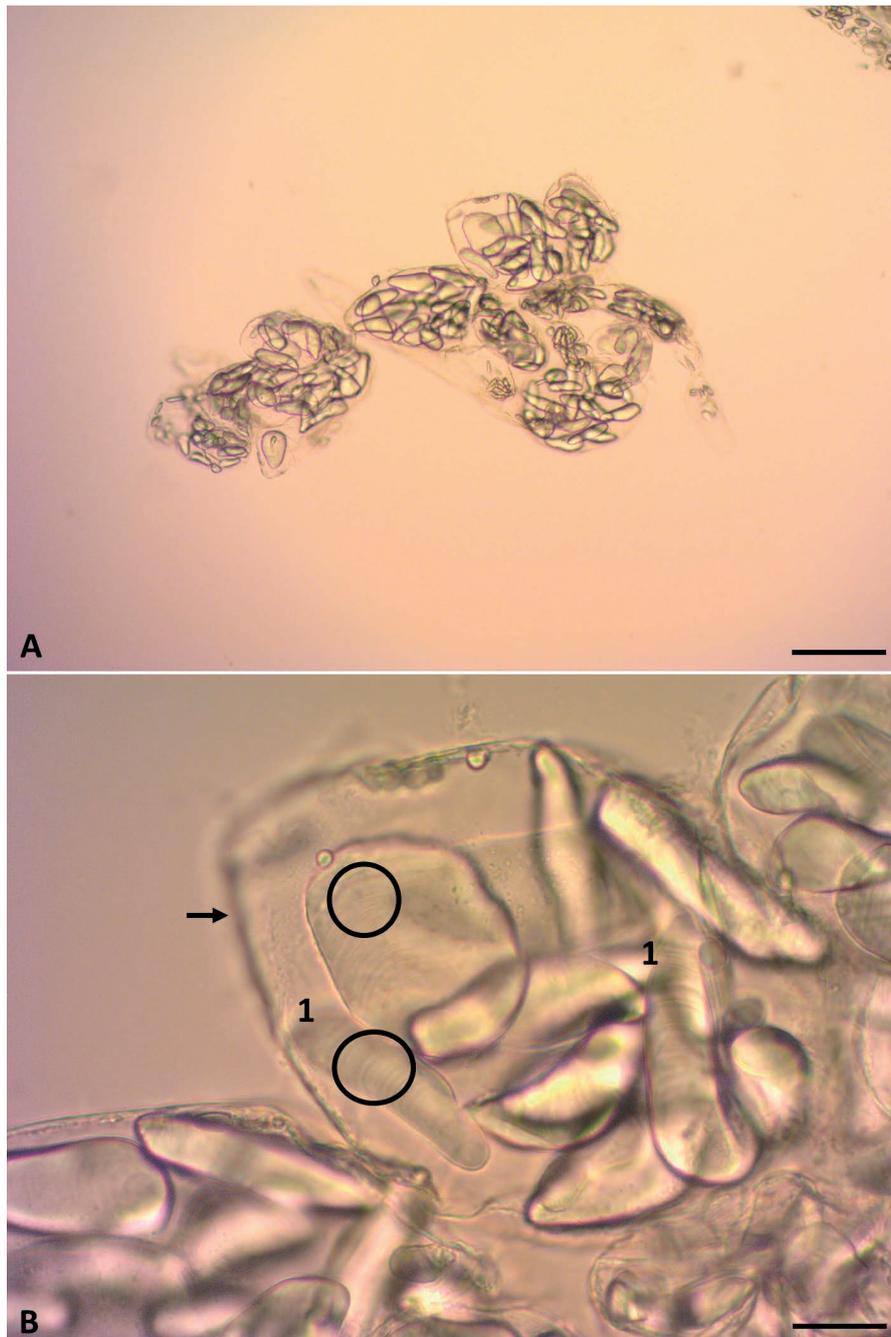


Figura 108. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade maçã em diferentes lentes de aumento do microscópio. (A) Células amilíferas com grãos de amido no interior. (B) Parede celular delgada (seta) com grãos isolados de formato oval alongado (1) de contorno irregular e estrias excêntricas (círculo). Escala: (A) = 100 μ m; (B) = 20 μ m

Além das variedades prata e ouro, descreve-se a variedade de banana maçã. As imagens da figura 108 apresentam os grãos de amido de banana maçã no interior das células amilíferas em diferentes lentes de aumento do microscópio. Essa variação de aumento permite observar as características diagnósticas mais claramente, como as estrias excêntricas. Observam-se, na imagem A, células amilíferas com grãos de amido no interior. Na imagem B, grãos isolados no interior da célula de formato oval alongado (1) de contorno irregular e o sistema de estratificação com estrias excêntricas (círculo) marcantes.

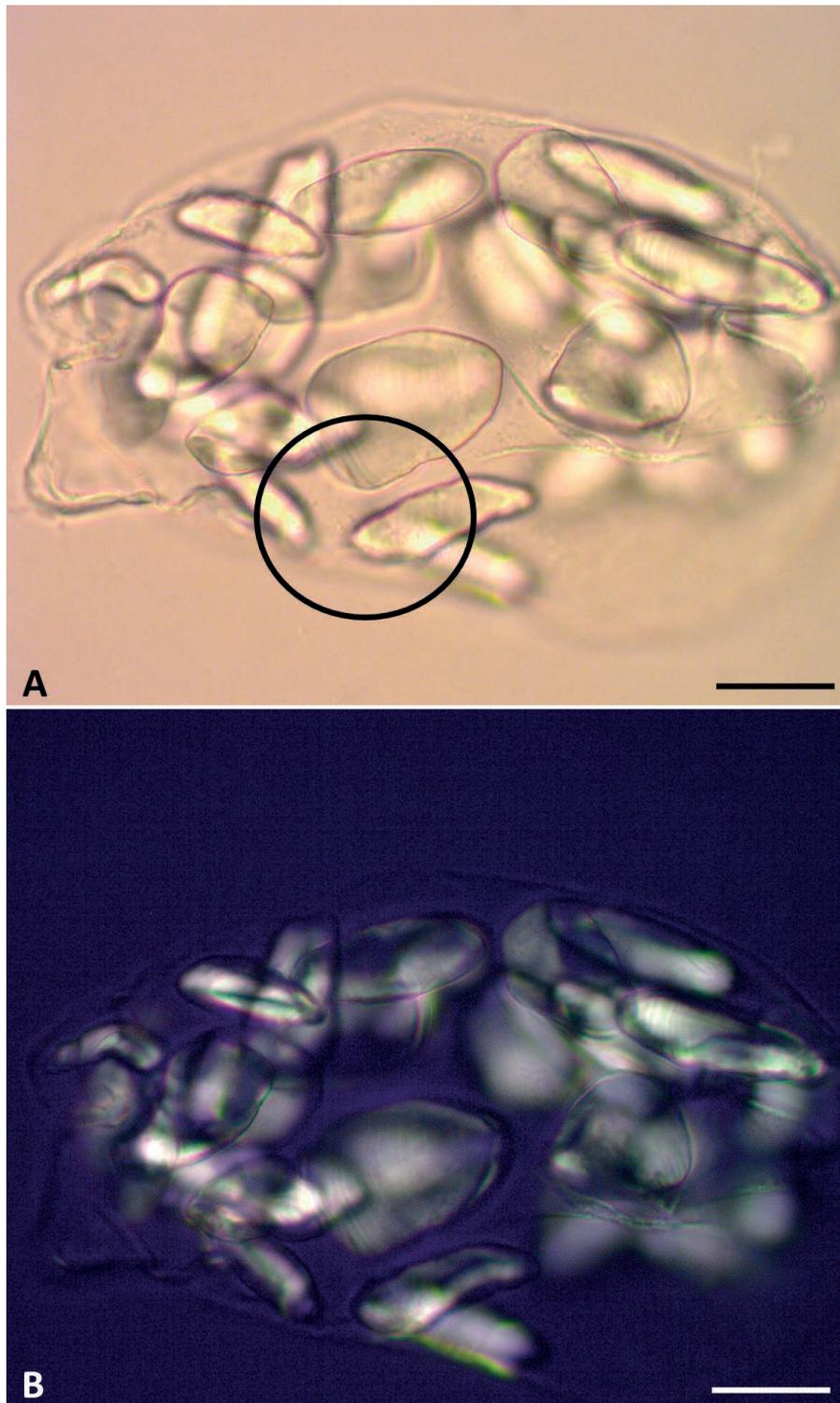


Figura 109. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade maçã. (A) grãos isolados de diferentes formatos irregulares no interior da célula amilífera; e parede celular rompida com parte dos grãos no exterior (círculo). **(B)** Sob luz polarizada, revelam cruz de Malta negra. Escala: (A, B) = 20 μm

Observam-se, na imagem A da figura 109, os grãos isolados de amido de banana maçã de diferentes formatos irregulares no interior da célula amilífera e, ainda, a parede celular rompida com parte dos grãos no exterior (círculo). Na imagem B, sob luz polarizada, os grãos revelam a cruz de Malta negra devido à propriedade de birrefringência.

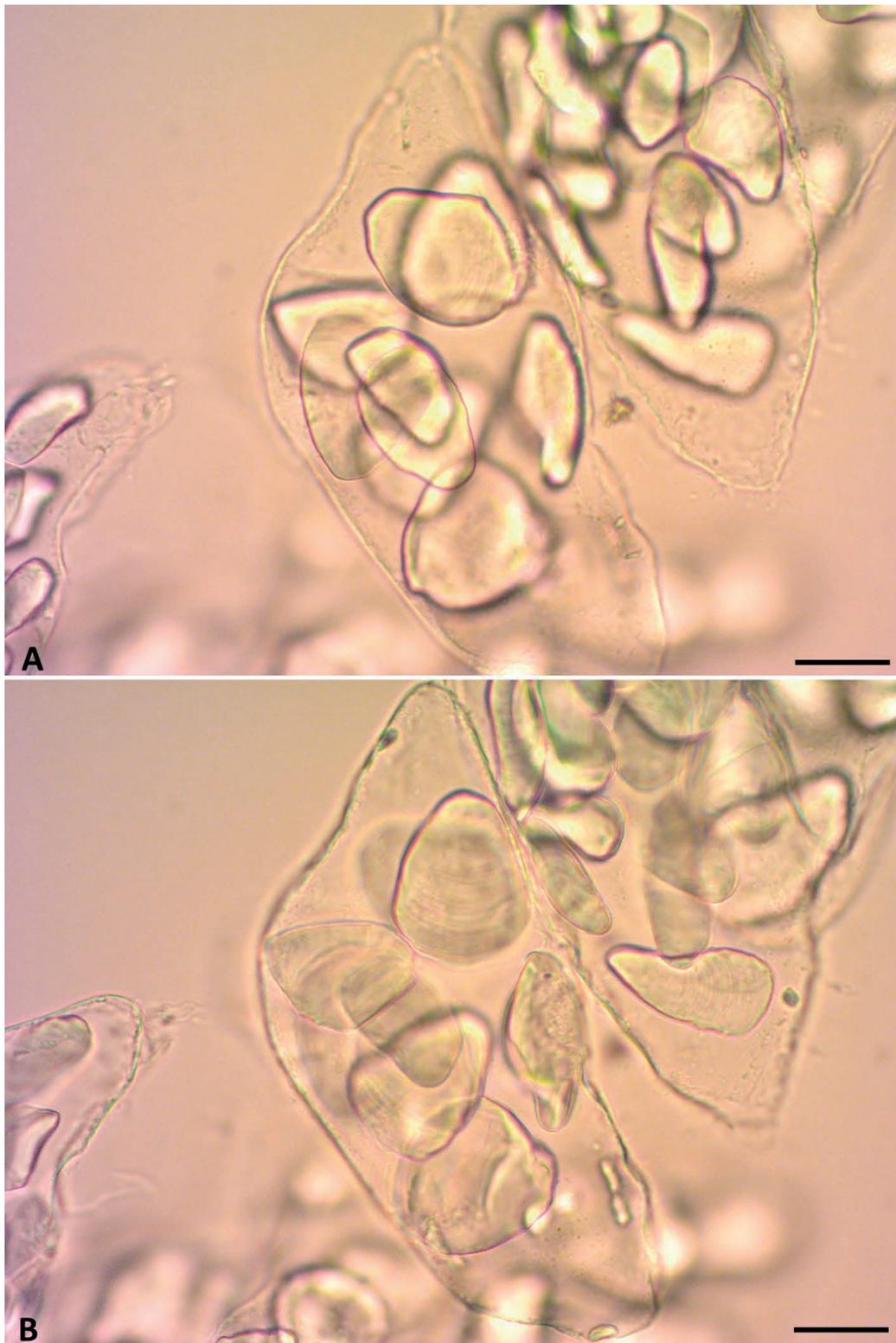


Figura 110. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade maçã em planos diferentes de foco. (A-B) Grãos isolados de diferentes formatos no interior das células amilíferas. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens A e B da figura 110, os grãos de amido de banana maçã em planos diferentes de foco. A depender desta variação, será possível ou não, observar com nitidez as características diagnósticas, como o contorno do formato e as estrias na identificação da espécie do amido.

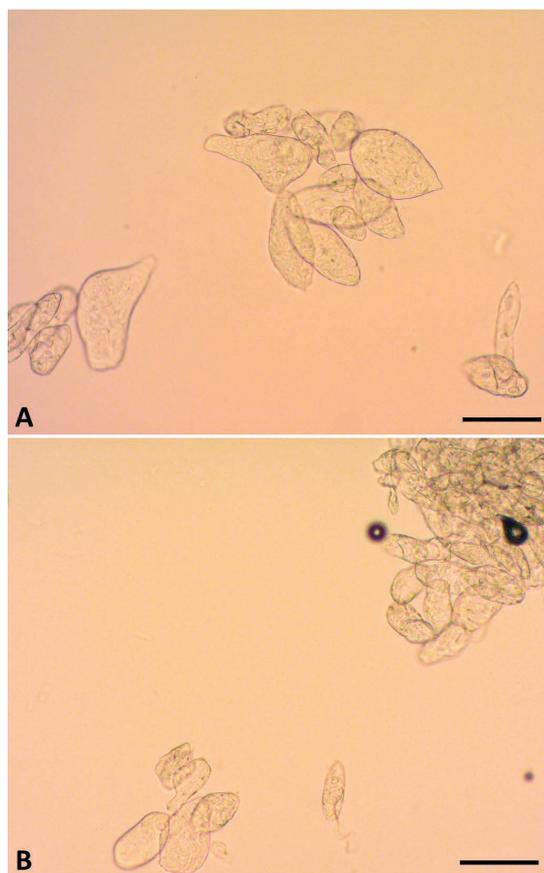


Figura 111. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade maçã gelatinizados. Escala: (A, B) = 100 μ m



Figura 112. Grãos de amido de banana (*Musa spp.*) variedade maçã gelatinizados em lente de maior aumento do microscópio. Escala: (A, B) = 20 μ m

Observam-se, nas imagens da figura 111 e 112, em diferentes lentes de aumento do microscópio, os grãos de amido de banana maçã no interior das células amilíferas gelatinizados com perda da morfologia típica de identificação.



6. ORDEM DIOSCOREALES



FICHA DESCRITIVA

Ordem
Dioscoreales

Família
Dioscoreaceae

Inhame (*Dioscorea* spp.)

Ordem Dioscoreales

É uma ordem de plantas das Monocotiledôneas¹⁴, amplamente distribuídas nos trópicos e subtropicais, com poucas espécies em regiões temperadas. Integram esta ordem aproximadamente 6 (seis) famílias, 21 (vinte e um) gêneros e 900 espécies; sendo os principais gêneros *Dioscorea* e *Tacca* (JUDD *et al.*, 2009; MOBOT, 2023).

Família Dioscoreaceae

É uma família de ervas, formando grandes tubérculos, com folhas simples, alternas espiraladas, e raramente opostas, palminérveas¹⁵, frequentemente coratadas. Seus frutos são do tipo cápsula, geralmente alada (*Dioscorea*), ou, menos frequentemente, dos tipos sâmara ou baga (*Tacca*) (SOUZA; LORENZI, 2019).

Possui distribuição predominantemente tropical com 3 (três) gêneros e aproximadamente 900 espécies, sendo a maioria pertencente ao gênero *Dioscorea*. No Brasil, ocorrem cerca de 140 espécies. Pertence a esta família o inhame (*Dioscorea* spp.), descrito nesta obra, um tubérculo bastante utilizado na alimentação (JUDD *et al.*, 2009; SOUZA; LORENZI, 2019).

14 Grupo de plantas das Angiospermas (cerca de 22% das espécies), constituindo um clado reconhecido e bem caracterizado. São plantas herbáceas em geral, com ramificação simpodial. Na maioria das vezes não forma raiz primária, mas, sim, raízes uniformes de origem caulinar. As folhas, em geral, possuem nervação paralela, os grãos de pólen são monossulcados e as plântulas tem apenas um só cotilédone (BRESINSKY *et al.*, 2012).

15 Quando duas ou mais nervuras primárias e laterais se originam no mesmo ponto da base do limbo, abrindo-se e irradiando-se, como dedos da mão, sem se encontrar no ápice, como em folhas de mamona e mandioca, ou em folhas compostas, que sofrem a divisão do limbo em folíolos palmados (ipês rosa, amarelo e roxo), que seguem a distribuição das nervuras principais, como a palma da mão (ALMEIDA; ALMEIDA, 2018).

6.1 INHAME (*Dioscorea spp.*)

Acredita-se ser originário do oeste da África, introduzido no Brasil pelos escravos africanos. O inhame foi classificado como uma das bases alimentares mais importantes nas dietas de muitos países tropicais. A parte utilizada é um tubérculo, altamente energético, pois é composto principalmente de amido, contendo pequenas quantidades de proteínas, lipídeos e muitas vitaminas como A, B1, B2, B6, vitamina C e rico em minerais. O amido de inhame é semelhante ao amido do milho em sabor, textura e cor (LANA; TAVARES, 2010).

As regiões de clima quente e úmido são as mais indicadas para o cultivo deste tubérculo, principalmente na produção comercial, constituindo uma alternativa de agricultura viável na região nordestina, onde encontram-se as condições ambientais favoráveis para seu desenvolvimento e produção (ALVES, 2019).

O inhame pode ser consumido cozido, substituindo a batata em vários pratos, como sopas, caldos, purês e refogados. A fécula de inhame pode ser utilizada em substituição a outros amidos, como a farinha de trigo, na fabricação de pães, bolo, creme, biscoito, ou pode ser usada em diversos pratos, doces ou salgados. Com algumas vantagens por não conter glúten, diferente do trigo, do centeio, da cevada e da aveia, é ideal para portadores da doença celíaca (NUNES *et al.*, 2010).

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS MICROSCÓPICAS DOS GRÃOS DE FÉCULA DE INHAME

Os grãos de fécula de inhame são pequenos e medem, em média, de 13 µm a 18 µm. Por serem bem diminutos, são difíceis de visualizar, sendo necessário a atenção do analista e o aumento da imagem para observar as características diagnósticas. Apresentam-se em estado isolado, podendo se sobrepor devido ao seu tamanho. Possuem formato poligonal, com muitos ângulos e lados, alguns truncados e circulares de contorno irregular. Possuem o sistema de estratificação com estrias concêntricas e hilo central pontuado. Revelam a cruz de Malta negra sob luz polarizada.

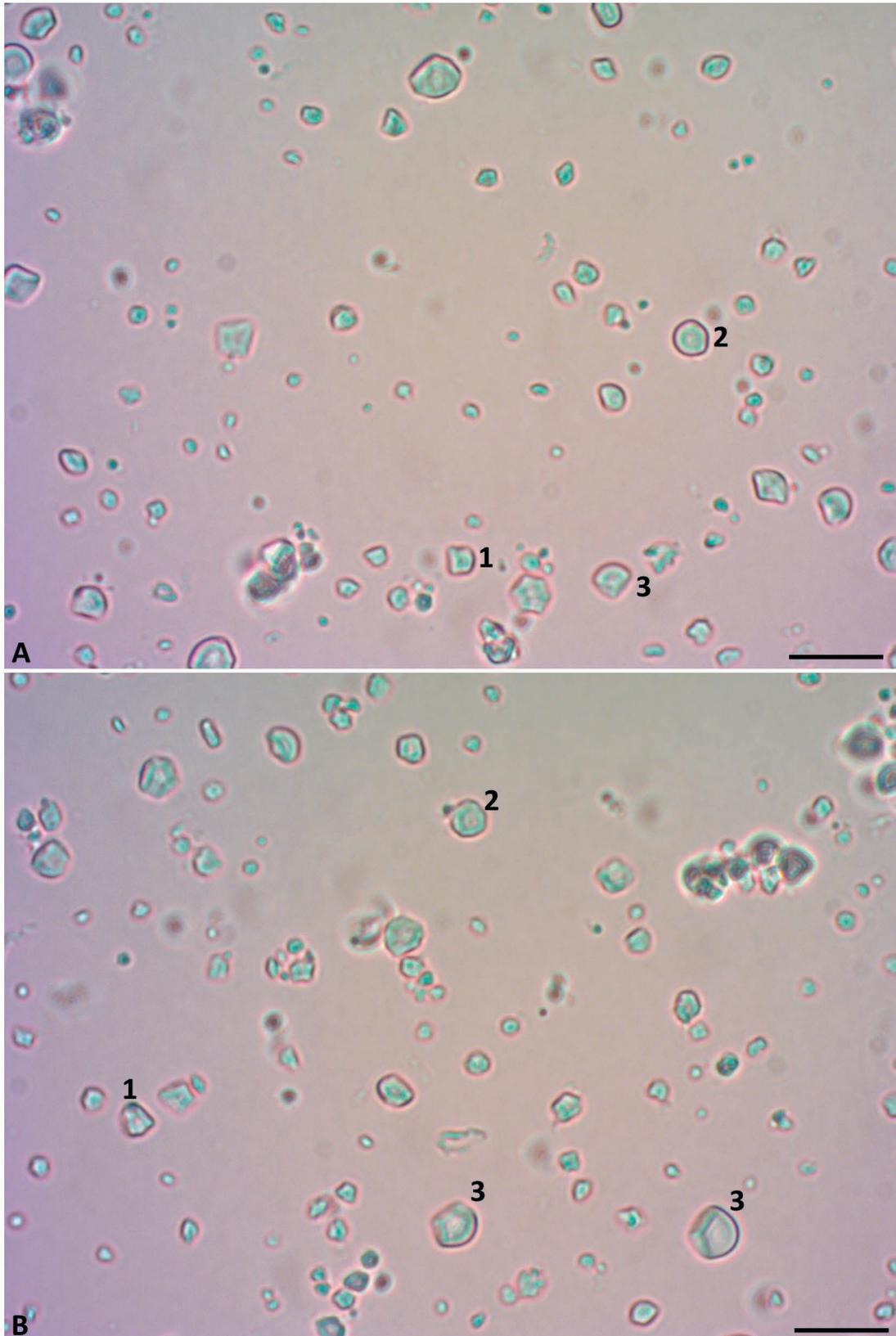


Figura 113. Grãos de fécula de inhame (*Dioscorea* spp.). (A-B) Grãos isolados de formatos poligonais (1), circulares de contorno irregular (2), e alguns truncados (3). Escala: (A-C) = 10 μ m

Observam-se, nas imagens A e B da figura 113, os grãos de fécula de inhame de formatos poligonais com muitos ângulos e lados (1), circulares de contorno irregular (2), e alguns truncados (3).

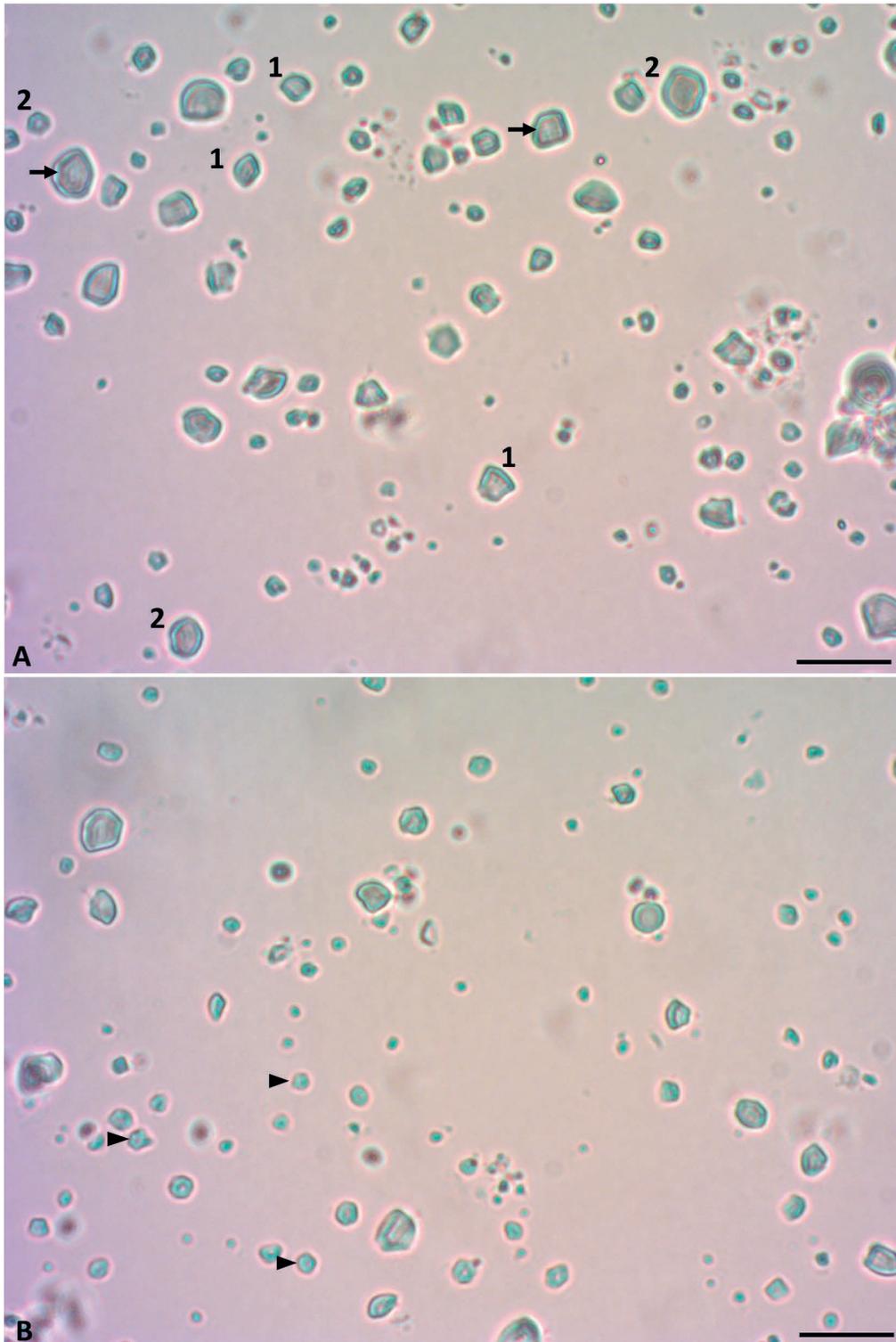


Figura 114. Grãos de fécula de inhame (*Dioscorea* spp.). (A) Grãos isolados de formatos poligonais (1) e circulares (2) de contorno irregular com estrias concêntricas (seta). (B) Hilo central pontuado (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 10 μ m

Na imagem A da figura 114, observam-se os grãos de formatos poligonais com muitos ângulos e lados (1), e circulares de contorno irregular (2); com sistema de estrias concêntricas perceptíveis (seta) na maioria dos grãos. Observa-se, na imagem B, o hilo central pontuado (cabeça de seta) nos grãos menores de formato circular.

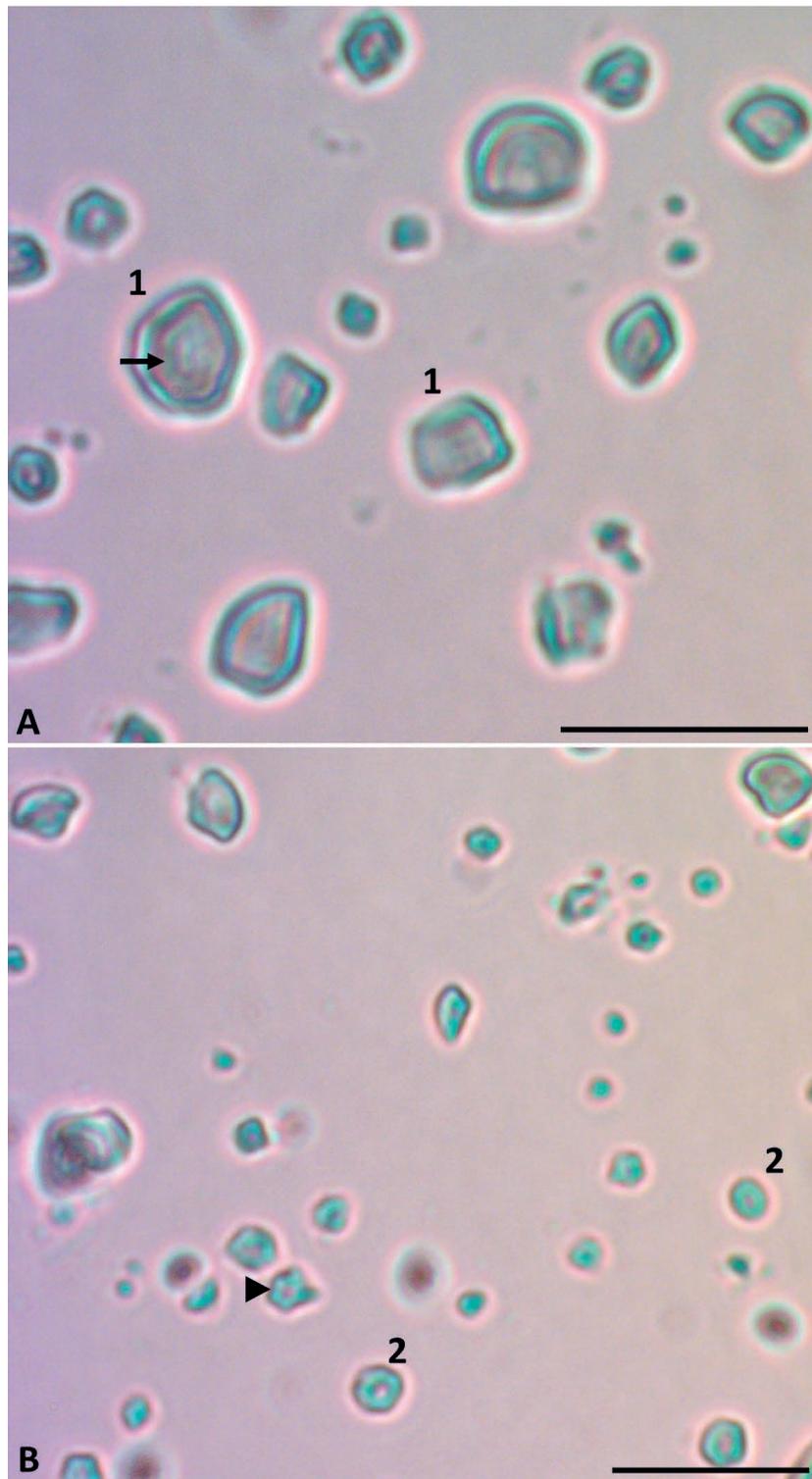


Figura 115. Grãos de fécula de inhame (*Dioscorea* spp.) em imagens ampliadas. (A-B) Grãos isolados de formatos poligonais (1) e circulares (2) de contorno irregular com estrias concêntricas (seta) e hilo central pontuado (cabeça de seta). Escala: (A, B) = 10 µm

Por serem bem diminutos e difíceis de visualizar, requerem o aumento da imagem e atenção do analista para observar as características diagnósticas. Na figura 115, observam-se, nas imagens ampliadas, os grãos de fécula de inhame de formatos poligonais (1) e circulares (2) de contorno irregular, com estrias concêntricas (seta) e hilo central pontuado (cabeça de seta).

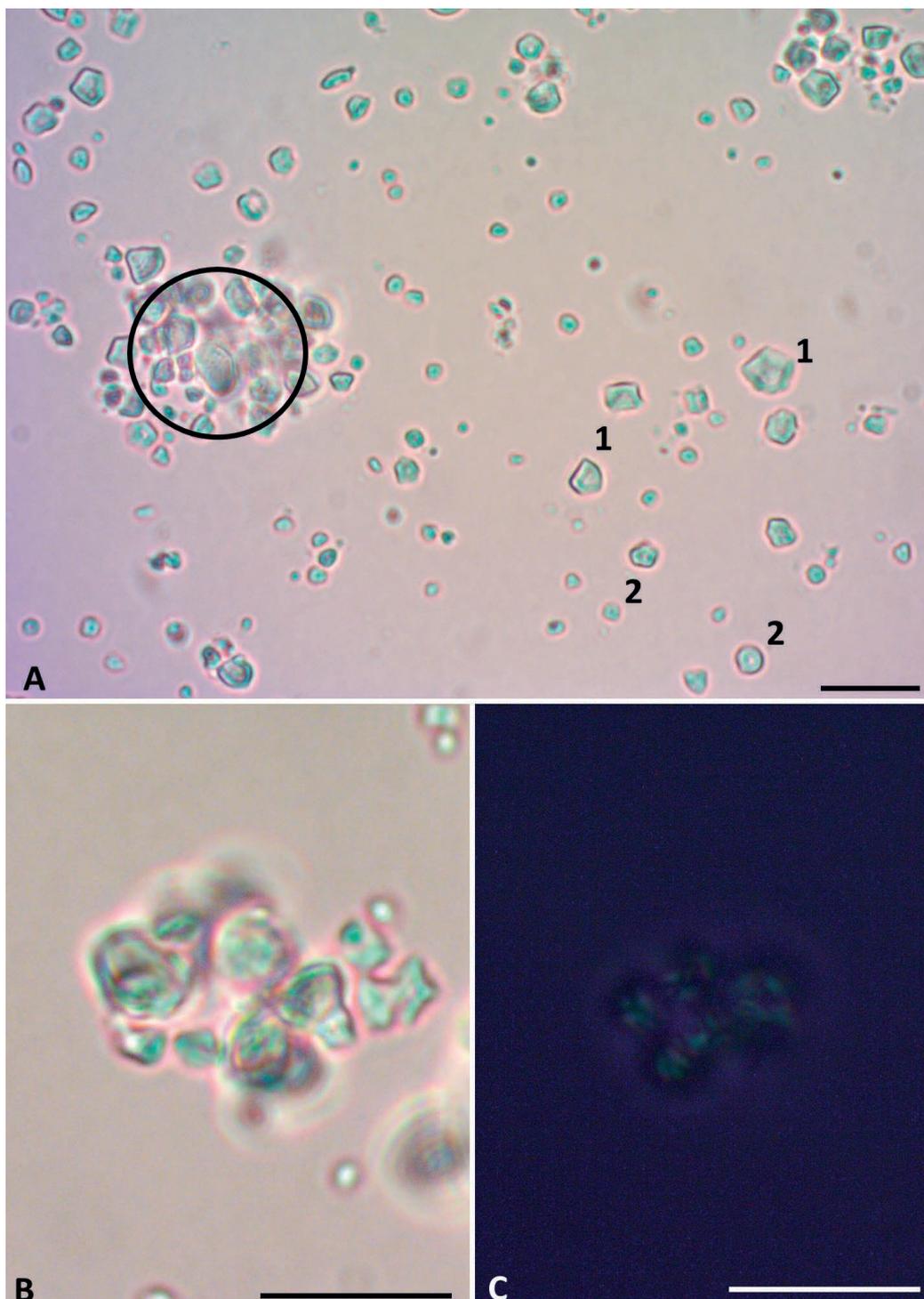


Figura 116. Grãos de fécula de inhame (*Dioscorea* spp.). (A) Grãos isolados de formatos poligonais (1), circulares (2) e sobrepostos (círculo). **(B)** Grãos sobrepostos fora do plano de foco. **(C)** Sob luz polarizada, cruz de Malta negra pouco perceptível. Escala: (A-C) = 10 μ m

Os grãos de fécula de inhame se apresentam em estado isolado, mas por serem muito pequenos podem aparecer sobrepostos. Observam-se, na imagem A da figura 115, grãos poligonais (1), circulares (2) e sobrepostos (círculo); na imagem B, observam-se os grãos sobrepostos fora do plano de foco; e na imagem C, sob luz polarizada, os grãos revelam a cruz de Malta negra pouco perceptível.

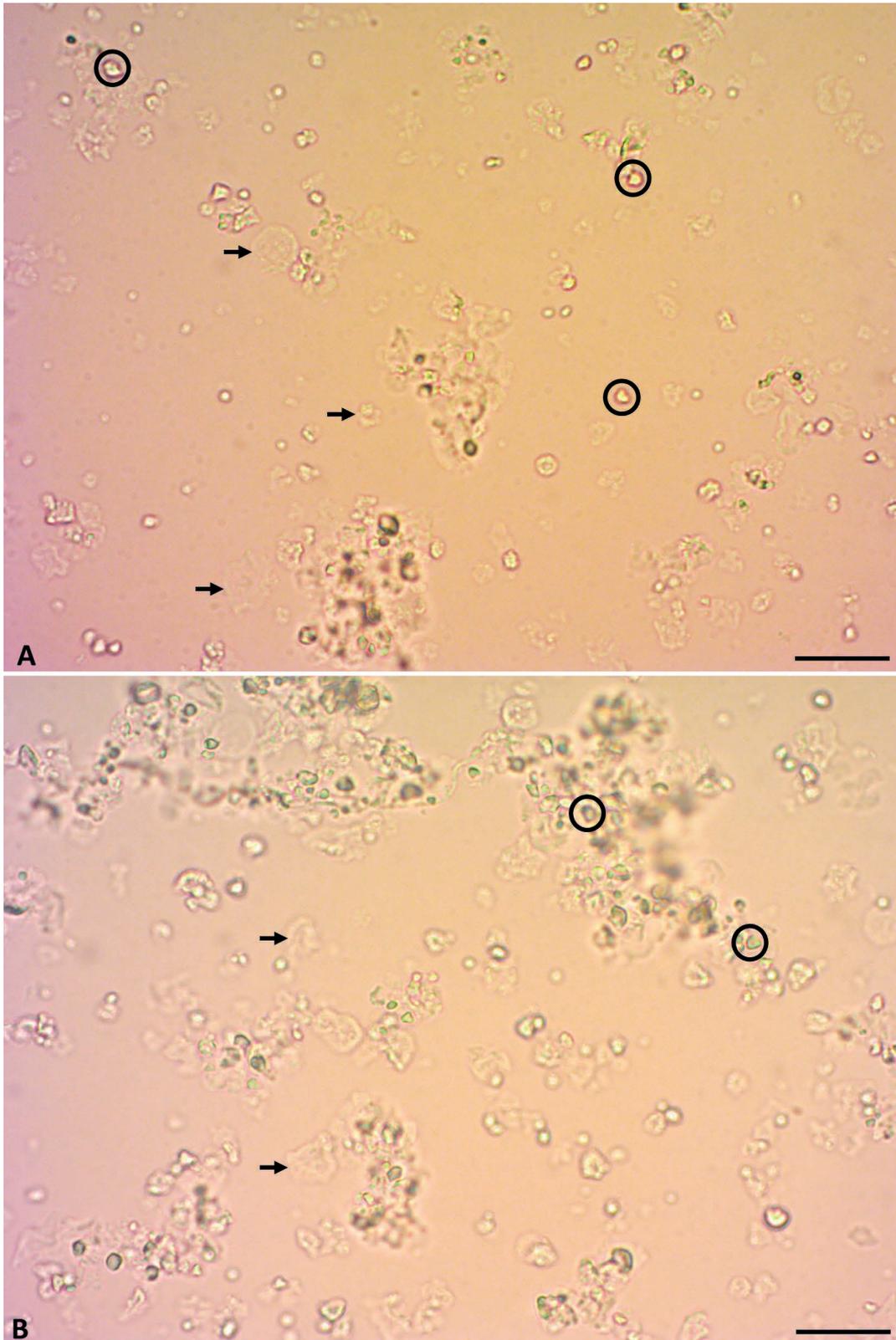


Figura 117. Grãos de fécula de inhame (*Dioscorea* spp.) em processo de gelatinização. (A-B) Grãos inalterados (círculo) e grãos gelatinizados (seta). Escala: (A, B) = 20 μ m

A figura 117 apresenta o processo de gelatinização dos grãos de fécula de inhame. Nas imagens A e B, observam-se grãos inalterados (círculo) com o contorno do formato; e grãos gelatinizados (seta) com perda das características diagnósticas internas de identificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSABER. **Aveia, o cereal germânico que virou febre mundial**. Seção: História dos Alimentos, 19/11/2021. Disponível em: <<https://agrosaber.com.br/aveia-o-cereal-germanico-que-virou-febre-mundial/>>. Acesso em: 24/08/2022.

ALMEIDA, M.; ALMEIDA, C. V. **Morfologia da folha de plantas com sementes**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2018. 111 p.: il. (Coleção Botânica, 3).

ALVES, M. **Inhame entrou no Brasil na colonização e hoje é amplamente cultivado**. AGRO 2.0, 31/10/2019. Disponível em: <<https://agro20.com.br/inhame/>>. Acesso em: 11/11/2022.

BAPTISTELLA, J. L. C. **Trigo: o que você precisa saber sobre a produção da cultura**. Agro. seção: gestão agrícola, atualizado 2022. Disponível em: <https://blog.agro.com.br/trigo/>. Acesso em: 07/2022.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; RITZINGER, C. H. S. P.; ALMEIDA, C. O.; COELHO, E. F.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos.; SOUZA, L. S.; LIMA, M. B.; FANCELLI, M.; FOLEGATTI, M. I. S.; MEISSNER FILHO, P. E.; SILVA, S. O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. **A cultura da banana/ Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. Embrapa Informação Tecnológica. 3ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006.

BRASIL. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 711, de 01 de julho de 2022**. Aprova o regulamento técnico dos requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL. **LEI nº 10.674, de 16 de maio de 2003**. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ministério da Saúde, 2003.

BRESINSKY, A.; KORNER, C.; KADEREIT, J. W.; NEUHAUS, G.; SONNEWALD, U. **Tratado de Botânica de Strasburger**. 36ª ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2012. 1166 p.

BUSHUK, W. Rye production and uses worldwide. Cereal Foods World, St. Paul, v. 42, n. 2, p. 70-73, feb. 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 09/12/2022. **Mercado impulsiona produção de trigo que atinge novo recorde com mais de 9 milhões de toneladas**. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4850-mercado-impulsiona-producao-de-trigo-que-atinge-novo-recorde-com-mais-de-9-milhoes-de-toneladas#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20trigo%20em,Nacional%20de%20Abastecimento%20\(Conab\)](https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4850-mercado-impulsiona-producao-de-trigo-que-atinge-novo-recorde-com-mais-de-9-milhoes-de-toneladas#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20trigo%20em,Nacional%20de%20Abastecimento%20(Conab))>. Acesso em: 22/12/2022.

COSTA, F. R. C.; ESPINELI, F. P.; FIGUEIREDO, F. O. G. **Guia de Zingiberales dos sítios PP-Bio na Amazônia Ocidental brasileira = Guide to the zingiberales of PPBio sites in Brazilian western Amazonia**. Manaus, Ed. Áttema Design Editorial, 284 p, 2011.

DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>. Acesso em: 09/2022.

DE MORI, C.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MIRANDA, M. Z. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura do centeio no mundo e no Brasil**. Passo fundo: Embrapa Trigo, 2012. 26 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 142). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do142.htm>. Acesso em: 12/2022.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, mai-jun. 2009.

ECHER, F. R. Introdução e Importância econômica. In: **Sistema de Produção de Batata Doce**. 66 p. Brasília, DF: EMBRAPA, 2021.

ESTADÃO. **Milho: conheça a história do grão no Brasil**. Canal Agro, 24/05/2021. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/dia-nacional-do-milho-conheca-a-historia-do-grao-no-brasil/>>. Acesso em: 20/12/2022.

FERREIRA, C. **Cultivares de cevada semeadas em espaçamentos simples e pareado combinados com doses de adubo e densidades de semeadura**. 2015. 73 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2015.

FERREIRA, J. P. B.; MELO, M. A.; ONOFRE, G. A.; VIEIRA, A. C.; SABUNDJIAN, M. T. **Cultura do Centeio**. Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da Fait, São Paulo, n. 1, mai. 2017.

FLINT, O. **Microscopía de los alimentos. Manual de métodos prácticos utilizando La microscopía óptica**. Ed. Zaragoza Acríbia, 1996, 131 p.

FONTANA, A.C.; FURONI, G.C.; MELO, A.M.R.; SABUNDJIAN, M.T. **A cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da Fait, São Paulo, n. 1, mai. 2016.

GIORDANO, L. B. **Cultivo da Ervilha (*Pisum sativum* L.)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 3ª ed, dez. 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Estatística da Produção Agrícola, 2019. Disponível em: <[https:// biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf)>. Acesso em: 13/12/2022.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal. Um enfoque Filogenético**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Artmed, 2009.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed Guanabara Koogan, 2012.

KNABBEN, Clóvis Costa. **Manual de classificação do feijão**: Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008, Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.

KONDAPALLI, A. V; WALKER, M. D. **Celiac disease and boné**. Archive Endocrinologia Metabolismo. v. 66, n 5, p. 756-764, 2022.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. Revista Embrapa Informação Tecnológica, 2ª ed, 209 p. Brasília, DF: EMBRAPA, 2010.

LEONEL, M.; CARMO, E. L.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. **Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira**. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal - SP, volume especial, p. 599-605, 2011.

LOUREIRO, A. C.; SÁ GOMES, S. K.; NOGUEIRA, D. M.; COMAPA, S. S.; SANTOS, B. M.; PEREIRA, M. M.; SOUZA, A. Q. L.; NASCIMENTO, B. R. V. **Estudo em alimentos cotidianos: pesquisa de polissacarídeos através da reação com iodo**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 24243-24253, novembro. 2019.

MATTOS, P. L. P.; FARIAS, A. R. N.; FERREIRA FILHO, J. R. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

MIRANDA, J. A T.; CARVALHO, M. L. J.; CASTRO, I. M.; CARVALHO, J. L. V.; GUIMARÃES, A. L. A.; VIEIRA, A. C. M. **Grânulos de amido de feijão-caupi, feijão preto e carioca na forma crua e cozida**. In: Cultivos de Leguminosas - Caracterização e Melhoramento para Melhor Segurança Alimentar, IntechOpen, 2019. DOI: [http:// dx.doi.org/ 10.5772/ intechopen.85656](http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85656).

MOBOT, 2023. Angiosperm Phylogeny Website. Disponível em: <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>>. Acesso em: 02/02/2023.

MUZZOLON, E.; MELATI, J.; LUCCHETTA, L.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. **Processamento da cevada para produção de malte: parâmetro de qualidade**. In: Avanços em ciência e tecnologia de alimentos, Editora científica, v. 3, 2021, cap. 15, p. 204 a 225.

NETO ARAÚJO, A. C.; NUNES, R. T. C.; COSTA, R. Q.; MOREIRA, G. L. P.; SILVA, R. A.; JOSÉ, A. R. **Germinação e crescimento inicial de (*Vigna unguiculata* L.) Walp. sob estresse salino.** Revista de Ciências Agrárias, v. 43, n. 3, p. 283-292, 2020.

NUNES, L. S., DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; ALMEIDA, R. D.; GOUVEIA, D. S. **Comportamento reológico de pasta de amido de inhame variedade são Tomé.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.12, n. 2, p. 141-154, 2010.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S.; GERMANI, R.; FONTES, M. P. F. **Caracterização do amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).** Revista B. CEPPA, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2009.

OLIVEIRA, D. C. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).** 2011. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OLIVEIRA, F.; RITTO, J. L. A.; JORGE, L. I. F.; BARROSO, I. C. E.; PRADO, B. W. **Microscopia de alimentos: Exames Microscópicos de Alimentos “in natura” e Tecnicamente Processado.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2015.

POLESI, L. F. **Amido resistente obtido de amido de leguminosas e de seus hidrolisados.** 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RAVEN, P.H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Ed Guanabara Koogan, 2011.

RODRIGUES, M. M. S.; ATUI, M. B.; CORREA, M. **Métodos de análise microscópica de alimentos: isolamentos de alimentos histológicos.** Revista Instituto Adolfo Lutz, v.1, 1999.

RONKO, L. Z.; CHEZINI, A.; BASSO LOS, F. G.; DEMIATE, I. M. **Caracterização físico-química de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) e das propriedades tecnológicas de sua fração de amido.** Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Francisco Beltrão, v. 15, n. 1, p.3534-3555, jan-jun. 2021.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. **Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão-caupi.** Revista Ciência Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 3, p. 525-530, jul-set. 2005.

SILVA, G. O.; LOPES, C. A. **Origem e Botânica.** In: Sistema de Produção de Batata. 2ª ed. 252 p. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

SILVA, J. C.; SILVA, N. A. B.; SILVA, S. L. R.; SILVA, L. S.; JUNQUEIRA, M. S.; TROMBETE, F. M. **Avaliação microscópica e físico-química de café torrado e moído comercializado em Sete Lagoas-MG**. Revista Scientia Plena, Minas Gerais, v. 15, n. 6, p. 1-8, 2019.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E.; FERREIRA, C. M. **Cultivo do arroz: estatística de produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e feijão, 2019. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 10/2022.

SOARES, R.M.D. **Caracterização parcial de amido em cultivares Brasileiros de cevada (*Hordeum vulgare L.*)**. 2003. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG IV**. 4^a ed. Nova Odessa, São Paulo: Jardim Botânico Plantarum, 2019.

TAKEITI, C. Y.; REIS, R. C.; CARVALHO, C. W. P.; VIANA, E. S.; OLIVEIRA, N.E.; JESUS NETA, P. DE.; OLIVEIRA, L. A. **Propriedades tecnológicas de amidos isolados de plátanos e bananas da coleção de germoplasma da Embrapa**. In: Embrapa Tecnologia de Alimentos, p. 26, 2020.

TAKEITI, C. Y. **Tecnologia de Alimentos: Cereais e Grãos**. In: Cevada. EMBRAPA - Agroindústria de Alimentos, 09/12/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/cereais-e-graos/cevada>>. Acesso em 20/12/2022.

VALENZUELA, V.C.T.; MOREIRA, W.A. **Utilização de espécies vegetais como fraudes em café torrado e moído**. In: XVI Encontro Nacional e II Congresso Latino-Americano de Analistas de Alimentos, 2009, Belo Horizonte, ENAAL, 2009.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. **Arroz: composição e características nutricionais**. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.

WFO (2023): **World Flora Online**. Disponível em: <<http://www.worldfloraonline.org>>. Acesso em: dezembro 2022.

BIOGRAFIAS

LUDILAINE FIUZA BARRETO DE OLIVEIRA

Graduada em Farmácia pela Universidade Gama Filho (UGF), com Habilitação em Bioquímica pela Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO) concluído em 2007. Especialista em Farmacologia pela Associação Brasileira de Farmacêuticos (ABF), (2009). Adquiriu experiência profissional atuando na área de Farmácia Hospitalar com Gestão Geral de Pessoas; Supervisão das Atividades Desenvolvidas na Farmácia de Produção; Gestão de Suprimentos; Revisão, Validação e Atualização de Procedimentos Operacionais Padrão (POP's); Treinamento de Equipe, Educação Continuada de Processos e Atuação no Time de Qualidade Hospitalar promovendo Medidas de Melhorias através de Planos de Ação para o processo de Acreditação Hospitalar pela Certificadora JCI (Joint Commission International). Atualmente Mestranda em Ciência e Tecnologia Farmacêutica pela Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com desenvolvimento do projeto intitulado *“Desenvolvimento e padronização de métodos analíticos em microscopia de alimentos: composição de alimentos e identificação de matérias estranhas”*.

<http://lattes.cnpq.br/0754328388481483>

ANDRÉ LUIS DE ALCANTARA GUIMARÃES

Professor Adjunto da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Possui graduação em Ciências Biológicas - Modalidade Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007), Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) e Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2013). Pós-doutorado em Desenvolvimento e avaliação de novos sistemas de liberação nanométricos de fármacos biológicos e sintéticos acoplados à simulação computacional, na Faculdade de Farmácia da UFRJ (2014). Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Botânica Aplicada e Controle de Qualidade, envolvendo Alimentos, Plantas Medicinais e Tóxicas. Atualmente é coordenador de projetos na área de qualidade e desenvolvimento de métodos analíticos em alimentos.

<https://lattes.cnpq.br/2463958807139401>

APÊNDICE I

TABELA DE CARACTERES DOS GRÃOS

Espécie Vegetal	Estado de Agregação	Formato	Tamanho	Sistema de Estratificação	Hilo	Propriedade de Birrefringência	Tipo de Cristalinidade ¹⁶	Similaridade	Temperatura Gelatinização ¹⁷
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	Agrupado formando blocos irregulares; e raros grãos isolados.	Poligonal com muitos ângulos e lados; blocos circulares de contorno irregular.	Média de 2µm a 8µm.	Estrias não perceptíveis.	Central pontuado pouco perceptível.	Cruz de Malta negra.	A	Aos grãos de aveia, porém menores.	68° a 78°
Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	Agrupado formando blocos irregulares; e raros grãos isolados.	Poligonal; blocos circulares de contorno irregular.	Média de 5µm a 10µm os isolados; média de 40µm a 70µm os blocos irregulares.	Estrias não perceptíveis.	Central pontuado pouco perceptível.	Cruz de Malta negra.	A	Aos grãos de arroz, porém maiores e mais agregados.	53° a 59°
Centeio (<i>Secale cereale</i> L.)	Isolados	Circular, alguns de contorno irregular; e lenticular.	Média de 50µm de diâmetro.	Estrias concêntricas.	Central radiado com prolongamentos marcantes.	Cruz de Malta negra.	A	Aos grãos de trigo e cevada, porém maiores.	57° a 70°
Cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Isolados	Circular de contorno irregular e lenticular.	Média de 30µm de diâmetro.	Estrias concêntricas.	Central linear, raramente pontuado.	Cruz de Malta negra.	A	Aos grãos de trigo e centeio, porém menores com contorno mais irregular. Estrias mais visíveis que trigo.	60° a 65°
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	Isolados	Poligonal com muitos ângulos e lados; curvados quando provêm da parte externa da semente e circulares quando provêm do centro da semente.	Média de 10µm a 30µm.	Estrias concêntricas.	Central pontuado radiado com curtos prolongamentos.	Cruz de Malta negra.	A	Aos de batata-doce, porém as estrias são menos perceptíveis e o hilo pode aparecer pontuado ou radiado.	62° a 74°

16 Definição no Tópico: Estrutura e Propriedades do Grão de Amilo, pág. 15.

17 Definição no Tópico: Estrutura e Propriedades do Grão de Amilo, pág. 15.

Espécie Vegetal	Estado de Agregação	Formato	Tamanho	Sistema de Estratificação	Hilo	Propriedade de Birrefringência	Tipo de Cristalini-dade¹⁶	Similari-dade	Tempe-ratura Gelatini-zação¹⁷
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Isolados	Circular visto de frente, e lenticular quando visto de perfil.	Média de 20µm a 40µm de diâmetro; os menores em média de 3µm a 7µm.	Estrias concêntricas pouco perceptíveis.	Central pontuado perceptível em raros grãos; e linear nos lenticulares	Cruz de Malta negra.	A	Aos de centeio e cevada, porém com estrias e hilo pouco perceptíveis.	58° a 64°
Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	Isolados	Circular, elipsoide, e alguns truncados.	Média de 40µm a 100µm; menores média de 10µm a 15µm.	Estrias excêntricas marcantes.	Pontuado na extremidade do grão.	Cruz de Malta negra.	B	Aos de banana, porém com formatos regulares	56° a 66°
Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	Isolados	Circular, de contorno irregular e truncados.	Média de 2µm a 30µm, raramente até 50µm.	Estrias marcantes.	Pontuado no centro ou extremidade do grão.	Cruz de Malta negra.	B	Aos grãos de mandioca, porém estrias e hilo mais marcantes.	56° a 66°
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	Isolados	Circular, de contorno irregular e truncados.	Média de 10µm a 35µm de diâmetro.	Estrias concêntricas.	Central pontuado, radiado e linear.	Cruz de Malta negra.	B	Aos de batata-doce, estrias e hilo menos marcantes.	52° a 65°C
Feijão Comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) variedade preto	Isolados	Reniforme, oval alongado e circular, alguns de contorno irregular.	Média de 10µm a 30µm.	Estrias concêntricas.	Central linear. Nesta variedade é perceptível em poucos grãos.	Cruz de Malta negra.	C	Aos de feijão carioca, porém com hilo menos perceptível e estrias mais marcantes.	66° a 82°
Feijão Comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) variedade carioca	Isolados	Reniforme, oval alongado e circular, alguns de contorno irregular.	Média de 10µm a 30µm.	Estrias concêntricas.	Central linear com curtos prolongamentos; ocupa quase todo comprimento do grão.	Cruz de Malta negra.	C	Aos de feijão preto, porém com hilo mais marcante e estrias menos perceptíveis.	66° a 82°
Feijão-Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.) variedade fradinho	Isolados	Circular e oval alongado, alguns de contorno irregular.	Média de 10µm a 25µm.	Estrias concêntricas.	Central linear com curtos prolongamentos.	Cruz de Malta negra.	C	Aos de feijão comum, porém mais circulares e menores de hilo e estrias mais marcantes.	66° a 82°

Espécie Vegetal	Estado de Agregação	Formato	Tamanho	Sistema de Estratificação	Hilo	Propriedade de Birrefringência	Tipo de Cristalinidade¹⁶	Similaridade	Temperatura Gelatinização¹⁷
Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Isolados	Oval alongado e circular, alguns de contorno irregular.	Média de 10µm de largura e 20µm de comprimento.	Estrias concêntricas.	Central linear, perceptível em alguns grãos.	Cruz de Malta negra.	C	Aos de ervilha, porém com hilo linear menos marcante.	61° a 74°
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.)	Isolados	Oval alongado e circular, alguns de contorno irregular.	Média de 18µm a 22µm de diâmetro.	Estrias concêntricas.	Central linear.	Cruz de Malta negra.	C	Aos de grão-de-bico, porém com hilo linear mais marcante.	55° a 117°
Banana (<i>Musa</i> spp.)	Isolados	Diferentes formatos demasiadamente irregulares; alguns grãos de formato periforme, ovoide ou oval alongado de contorno irregular.	Média de 20µm a 40µm.	Estrias excêntricas marcantes.	Pontuado na extremidade do grão, não perceptível.	Cruz de Malta negra.	B	Aos de batata, porém com formatos irregulares e estrias transversais, embora marcantes em ambos.	66° a 90°
Inhame (<i>Dioscorea</i> spp.)	Isolados	Poligonal com muitos ângulos e lados; alguns truncados e circulares de contorno irregular.	Média de 13µm a 18µm.	Estrias concêntricas.	Central pontuado.	Cruz de Malta negra pouco perceptível.	B	-	46° a 62°

1ª Edição, 2023
Edição digital
Formato: A4 (21 x 29,7cm)
Tipografia: Berthold Baskerville e Roboto



SINOPSE/RESUMO

A fim de garantir a qualidade e segurança em produtos alimentícios, a microscopia de alimentos é uma área essencial, tradicionalmente usada em análises fiscais. Usando a microscopia, é possível identificar fraudes e contaminantes e monitorar a qualidade dos alimentos ofertados à população. Uma das formas mais comuns de se adulterar alimentos é o uso de amido de diferentes procedências botânicas, como milho e mandioca, tornando imprescindíveis as investigações microscópicas em alimentos.

Este livro apresenta informações valiosas sobre a identificação das características morfológicas dos grãos de amido de diferentes espécies de plantas, focando naquelas mais comercializadas no país, além de dados gerais sobre cada espécie, aplicações práticas e fotomicrografias de excelente qualidade.

Financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e produzido com apoio da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Instituto Municipal de Vigilância Sanitária, Vigilância de Zoonoses e de Inspeção Agropecuária (IVISA-Rio), é um material de referência para auxiliar análises em microscopia de alimentos a profissionais e estudantes da área em laboratórios fiscais e centros de análise do país.

Patrocínio:



Acordo de cooperação técnica e científica entre:



SAÚDE



UFRJ



Editoração: www.nucciadecicco.com.br

