



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Biociências

RAFAELA DE LIMA GOMES MOURA

**EXAVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO *IN VITRO* DE
POLISSACARÍDEOS DO FRUTO DE *SARCOMPHALUS* JOAZEIRO
(MART.) HAUENSCHILD**

Recife
2026

RAFAELA DE LIMA GOMES MOURA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO *IN VITRO* DE
POLISSACARÍDEOS DO FRUTO DE *SARCOMPHALUS* JOAZEIRO
(MART.) HAUENSCHILD**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Biomedicina da Universidade Federal de
Pernambuco, como pré-requisito à
obtenção do título de Bacharel em
Biomedicina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antônio
Galindo Soares.

Coorientadora: Dra. Maria Isabela Ferreira
de Araújo.

Recife
2026

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

Moura, Rafaela de Lima Gomes.

Avaliação do potencial prebiótico in vitro de polissacarídeos do fruto de *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild / Rafaela de Lima Gomes Moura. - Recife, 2026.

49p : il., tab.

Orientador(a): Paulo Antônio Galindo Soares

Coorientador(a): Maria Isabela Ferreira de Araújo

(Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, , 2026.

Inclui referências.

1. Microbiota intestinal. 2. Atividade prebiótica. 3. Disbiose. 4. Carboidratos vegetais. 5. Fermentação colônica. I. Soares, Paulo Antônio Galindo. (Orientação). II. Araújo, Maria Isabela Ferreira de. (Coorientação). IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

RAFAELA DE LIMA GOMES MOURA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO *IN VITRO* DE
POLISSACARÍDEOS DO FRUTO DE *SARCOMPHALUS* JOAZEIRO (MART.)
HAUENSCHILD**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Biomedicina da Universidade
Federal de Pernambuco, como
pré-requisito à obtenção do título de
Bacharel em Biomedicina.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antônio Galindo Soares
Universidade Federal de Pernambuco/ Departamento de Bioquímica

Profa. Dra. Kátia Alves Ribeiro
Instituto Aggeu Magalhães/ FIOCRUZ-PE

Profa. Dra. Marthyna Pessoa de Souza
Universidade Federal de Pernambuco/ Departamento de Bioquímica

Dedico este trabalho aos meus pais,
Rosinaldo José e Luciana Correia, por
sempre acreditarem em mim e pelo
apoio constante ao longo desta
jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte da minha força, por estar comigo em todos os momentos, pela sabedoria concedida e pelo imenso cuidado durante toda a minha trajetória. Sem Ele, eu não teria chegado até aqui. A Ele rendo toda honra, glória e louvor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Antônio Galindo Soares, e à minha coorientadora, Dra. Maria Isabela Ferreira de Araújo, pela paciência, dedicação e instruções no desenvolvimento desta pesquisa científica.

À Profa. Dra. Marthyna Pessoa de Souza, que foi de suma importância para a realização dos experimentos, e à minha companheira de laboratório, Estherfany, pelos momentos compartilhados.

Ao meu esposo, Wesley Moura, pelo apoio incondicional e por ser meu abrigo nos momentos bons e ruins. Seus abraços me fortaleceram, e cada “vai dar tudo certo” transmitiu alívio, paz e confiança. Obrigada, meu amor.

Aos meus pais, Rosinaldo José e Luciana Correia, que não tiveram as mesmas oportunidades que eu tive, mas que, com muito esforço e dedicação, sempre fizeram o melhor por mim e me incentivaram nos estudos. Essa conquista também é de vocês!

Aos meus irmãos, Rafael e Raíza, pelas conversas descontraídas que me faziam esquecer das preocupações acadêmicas.

À minha querida vovó Beatriz, por sempre oferecer o melhor colo do mundo e por todo o zelo ao longo da minha vida. À minha querida vovó Dedé, pelo imenso carinho dedicado a mim.

Aos meus amigos, Maria Eduarda, Gabriel, Luiza, Leandro, Raquel, Ricardo, Arthur e Felipe, agradeço pela parceria durante a jornada acadêmica. Guardo cada lembrança no meu coração; cada conversa e cada risada foram especiais. Com vocês, tudo se tornou mais leve.

À minha cachorrinha Luna, pela companhia constante, pela alegria contagiante e por me fazer desacelerar e apreciar as pequenas alegrias da vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento deste trabalho, e à Pró-Reitoria para Assuntos Estudantis (PROAES), que contribuiu para minha permanência na Universidade.

Agradeço também a todos que, direta ou indiretamente, me

ajudaram durante os quatro anos de graduação, seja por meio de orações, ensinamentos ou palavras de incentivo. A todos, os meus sinceros agradecimentos.

“Ora, àquele que é poderoso para fazer tudo muito mais abundantemente além daquilo que pedimos ou pensamos, segundo o poder que em nós opera”

Efésios 3:20

MOURA, Rafaela de Lima Gomes. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO IN VITRO DE POLISSACARÍDEOS DO FRUTO DE *Sarcomphalus joazeiro* (MART.) HAUENSCHILD**. 2026. 49 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2026.

RESUMO

A microbiota intestinal é um conjunto diverso de microrganismos essenciais à saúde do hospedeiro, atuando em funções metabólicas, regulação do sistema imunológico e manutenção da barreira intestinal. Alterações no equilíbrio microbiano, denominadas disbiose, estão associadas ao desenvolvimento de distúrbios inflamatórios, cardiovasculares e metabólicos. Nesse contexto, polissacarídeos vegetais destacam-se como potenciais prebióticos devido à sua alta diversidade, acessibilidade e biodegradabilidade. A árvore *Sarcomphalus joazeiro*, endêmica do bioma Caatinga, é conhecida por suas propriedades terapêuticas e adaptação a condições ambientais adversas. Embora diferentes partes da planta apresentem bioatividades descritas na literatura, o fruto ainda é pouco explorado. Diante disso, este estudo objetivou avaliar o potencial prebiótico *in vitro* dos polissacarídeos extraídos da polpa de *S. joazeiro*, denominados Polijua. A composição química foi determinada por espectrofotometria e o potencial prebiótico foi avaliado por fermentação *in vitro* utilizando cepas de *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* e *Bifidobacterium adolescentis*. O Polijua apresentou rendimento de 1,88%, elevado teor de carboidratos totais ($79,00 \pm 0,02\%$) e ausência detectável de proteínas, indicando alto grau de pureza. A avaliação prebiótica foi realizada com leituras da densidade óptica a 600 nm nos tempos 0, 4, 8, 12 e 24 horas dos crescimentos bacterianos. A inulina foi utilizada como controle positivo prebiótico e a glicose como controle de crescimento bacteriano. O Polijua demonstrou capacidade de estimular seletivamente o crescimento de *B. adolescentis* e *L. plantarum*, com densidade óptica comparável à inulina ao final de 24 horas, sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Em contrapartida, *L. casei* e *L. rhamnosus* não apresentaram crescimento significativo na presença do Polijua, sugerindo efeito prebiótico seletivo associado ao repertório enzimático específico de cada cepa bacteriana. Os resultados obtidos indicam que o Polijua apresenta potencial prebiótico seletivo e constitui uma fonte promissora de fibras fermentáveis para aplicação no desenvolvimento de alimentos funcionais, contribuindo para a valorização de bioativos da Caatinga.

Palavras-chave: Microbiota intestinal. Atividade prebiótica. Disbiose. Carboidratos vegetais. Fermentação colônica.

MOURA, Rafaela de Lima Gomes. **IN VITRO EVALUATION OF THE PREBIOTIC POTENTIAL OF POLYSACCHARIDES FROM THE FRUIT OF *Sarcomphalus joazeiro* (MART.) HAUENSCHILD**. 2026. 49 pages. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2026.

ABSTRACT

The intestinal microbiota is a diverse community of microorganisms essential to host health, playing key roles in metabolic functions, immune system regulation, and maintenance of the intestinal barrier. Alterations in microbial balance, known as dysbiosis, are associated with the development of inflammatory, cardiovascular, and metabolic disorders. In this context, plant-derived polysaccharides have emerged as promising prebiotics due to their high diversity, accessibility, and biodegradability. The tree *Sarcomphalus joazeiro*, endemic to the Caatinga biome, is recognized for its therapeutic properties and adaptation to harsh environmental conditions. Although different parts of the plant have demonstrated biological activities in the literature, its fruit remains poorly explored. Therefore, this study aimed to evaluate the *in vitro* prebiotic potential of polysaccharides extracted from the pulp of *S. joazeiro*, designated as Polijuá. The chemical composition was determined by spectrophotometry, and the prebiotic potential was assessed through *in vitro* fermentation using strains of *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, and *Bifidobacterium adolescentis*. Polijuá exhibited a yield of 1.88%, a high total carbohydrate content ($79.00 \pm 0.02\%$), and no detectable protein content, indicating a high degree of purity. The prebiotic activity was evaluated by measuring optical density at 600 nm at 0, 4, 8, 12, and 24 hours of bacterial growth. Inulin was used as the positive prebiotic control, while glucose served as the bacterial growth control. Polijuá selectively stimulated the growth of *B. adolescentis* and *L. plantarum*, reaching optical density values comparable to those obtained with inulin after 24 hours, with no statistically significant difference ($p > 0.05$). In contrast, *L. casei* and *L. rhamnosus* did not exhibit significant growth in the presence of Polijuá, suggesting a selective prebiotic effect associated with the specific enzymatic repertoire of each bacterial strain. These findings indicate that Polijuá possesses selective prebiotic potential and represents a promising source of fermentable dietary fiber for application in the development of functional foods, contributing to the valorization of bioactive compounds from the Caatinga biome.

Key words: Gut microbiota. Prebiotic activity. Dysbiosis. Plant carbohydrates. Colonic fermentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Microbiota intestinal e os metabólitos produzidos.	15
Figura 2 – Evolução do número de internações em Pernambuco por Doença de Crohn e Colite ulcerativa no período de 2022 a 2025.	17
Figura 3 – Efeitos multifacetados dos probióticos na manutenção da homeostase intestinal.	20
Figura 4 – Critérios funcionais dos prebióticos.	21
Figura 5 – Mapa do Brasil com o Domínio fitogeográfico da Caatinga.	24
Figura 6 – Espécie Vegetal de <i>Sarcomphalus joazeiro</i> .	25
Figura 7 – Sequência de purificação do Polijuá.	28
Figura 8 – Fluxograma das etapas de atividades do estudo com <i>Sarcomphalus joazeiro</i> .	31
Figura 9 – Curva de crescimento das cepas de <i>Lactobacillus</i> sp. e <i>Bifidobacterium</i> sp. em meio MRS.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimento e composição química do Polijuá.

32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
ANOVA	Análise de variância
ATCC	American type culture collection
BSA	Albumina de soro bovino
CAZymes	Enzimas ativas em carboidratos
CECT	Colección Española de cultivos tipo
CN	Controle negativo
DI	Disbiose
DO	Densidade óptica
DP	Desvio padrão
FOS	Frutooligossacarídeos
FDR	Taxas de falsas descobertas
GOS	Galactooligossacarídeos
MI	Microbiota intestinal
MRS	Man-Rogosa-Sharpe
OD600	Densidade óptica a 600 nm
PM	Peso molecular
PS	Polissacarídeos
rpm	Rotações por minuto
SIH/SUS	Sistema de informação hospitalares do Sistema Único de Saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 MICROBIOTA INTESTINAL	16
2.2 DISBIOSE	18
2.3 POLISSACARÍDEOS	20
2.4 MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL	21
2.4.1 Probióticos	21
2.4.2 Prebióticos	22
2.4.3 Simbióticos	24
2.5 DOMÍNIO FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA	25
2.6 <i>SARCOMPHALUS JOAZEIRO</i> (MART.) HAUENSCHILD	27
3 OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4 METODOLOGIA	30
4.1 COLETA DO MATERIAL	30
4.2 EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS	30
4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CARBOIDRATOS TOTAIS E PROTEÍNAS	31
4.4 PROBIÓTICOS E MEIOS DE CULTURA	31
4.5 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO <i>IN VITRO</i>	31
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA PRELIMINAR DO POLIJUÁ	34
5.2 ATIVIDADE PREBIÓTICA	35
6 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A microbiota intestinal, comunidade diversa de bactérias, fungos, vírus e protozoários, desempenha funções importantes para a saúde do hospedeiro (Khalil *et al.*, 2024). Dentre seus principais papéis, destaca-se a influência no sistema imunológico, homeostase energética e atividades metabólicas (Lathakumari *et al.*, 2024). As bactérias presentes no trato gastrointestinal, especialmente no cólon, auxiliam na digestão de fibras e carboidratos complexos, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como o butirato, acetato e propionato, os quais fortalecem a barreira intestinal e melhoram sua funcionalidade (Cusumano *et al.*, 2025). Assim, alterações nas comunidades microbianas (disbiose) resultam no aumento de microrganismos patogênicos em favor da diminuição dos benéficos (Rinninella *et al.*, 2019). Esse processo está associado a diversas condições adversas, incluindo doença inflamatória intestinal, obesidade, doenças cardiovasculares e outras (Di Vincenzo *et al.*, 2024).

Nesse contexto, os polissacarídeos vegetais vêm se destacando dado o seu potencial prebiótico (Song *et al.*, 2025). São macromoléculas naturais compostas por monossacarídeos, com alta diversidade, acessibilidade e biodegradabilidade (Álvarez-Mercado; Plaza-Díaz, 2022). As frutas são fontes ricas de polissacarídeos que possuem diversas atividades biológicas, como imunomodulação, regulação metabólica, melhora da função cognitiva, antioxidante e prebiótica (Shi *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2024). Ademais, possuem a capacidade de melhorar a saúde intestinal, mitigando processos inflamatórios e prevenindo danos à integridade da mucosa gastrointestinal (Song *et al.*, 2025).

Um prebiótico é caracterizado como um componente alimentar que confere benefícios à saúde do hospedeiro mediante a estimulação do crescimento de bactérias benéficas, como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* spp. (Smolinska; Popescu; Zemelka-Wiacek, 2025). Nessa perspectiva, há uma crescente procura por produtos naturais com atividade prebiótica, devido a sua maior sustentabilidade (Niu *et al.*, 2021). A vegetação do Bioma Caatinga é bastante promissora, uma vez que esta possui características singulares adaptadas às altas temperaturas, excesso de radiação UV, estresse hídrico e escassez de nutrientes (Souza; Córdula; Cavalcanti, 2024). Em contrapartida, muitas das plantas são espécies endêmicas do semiárido

nordestino do Brasil, com atividades terapêuticas ainda pouco exploradas no âmbito científico.

A árvore *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild, anteriormente classificada como *Ziziphus joazeiro*, pertence à família Rhamnaceae, caracterizada pela rica presença de carboidratos, flavonoides, fenóis e alcalóides (Hauenschild *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2020). Esta planta, com frutos conhecidos popularmente por “juá” e “laranjeira-de-vaqueiro”, cresce no nordeste brasileiro e distingue-se por sobreviver em condições climáticas adversas, como os períodos de secas (Da Rocha *et al.*, 2022). O juá representa uma fonte promissora de fibras alimentares. Presume-se que o consumo do fruto pode contribuir para a ingestão de polissacarídeos complexos, como arabinogalactano altamente ramificado e ramnogalacturonano complexo do tipo I, pertencentes a biomoléculas com bioatividades relatadas. As pectinas são reconhecidas por estimular a comunidade bacteriana para produzir AGCCs, processo importante para homeostase intestinal (Da Silva *et al.*, 2025).

Estudos mostram que diferentes partes do *joazeiro* (casca do caule e folhas) apresentam bioatividades, tais como: gastroprotetora e cicatrizante (Brito *et al.*, 2020), antioxidante (Da Rocha *et al.*, 2022) e antimicrobiana (Andrade *et al.*, 2025). Todavia, embora seja reconhecido por seu valor nutricional, o fruto ainda é pouco explorado na literatura quanto ao possível efeito prebiótico (Andrade *et al.*, 2025). Diante disso, este trabalho propõe extrair, caracterizar e avaliar o potencial prebiótico *in vitro* dos polissacarídeos presentes na polpa de *S. joazeiro*. Além disso, busca contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre bioativos de origem vegetal capazes de modular a microbiota intestinal, bem como suas possíveis aplicações biotecnológicas nas áreas de alimentos funcionais e farmacêuticas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

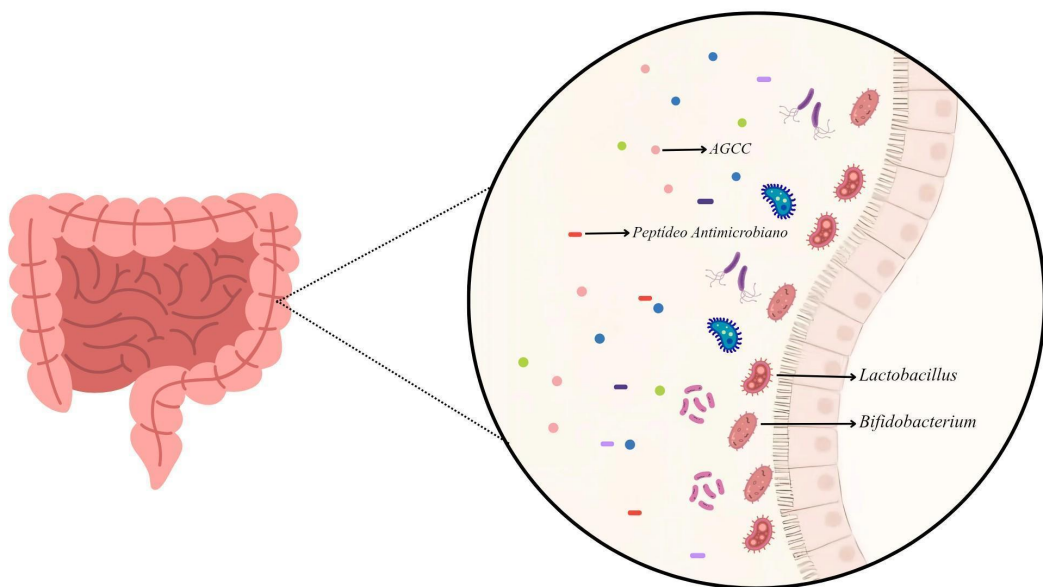
2.1 MICROBIOTA INTESTINAL

A microbiota intestinal (MI) é um ecossistema complexo, que contém bactérias, fungos, vírus e protozoários. Diversas funções vitais para saúde humana são reguladas por esses microrganismos, como o metabolismo energético, imunomodulação, homeostase intestinal e atividades metabólicas (Lathakumari *et al.*, 2024). O microbioma intestinal, definido como o conjunto de microrganismos e seus genes, é constituído na grande maioria por 12 filos diferentes, sendo o *Firmicutes* e *Bacteroidetes* os predominantes em indivíduos saudáveis (Khalil *et al.*, 2024). O intestino grosso humano, especialmente o colón, é a região com maior diversidade microbiana, cerca de 1000 espécies diferentes de bactérias residem nesta área. Esse ambiente é propício ao crescimento bacteriano devido ao seu pH favorável, trânsito gastrointestinal lento e nutrientes disponíveis. Estima-se que para cada 100 g de carboidratos fermentados cerca de 30 g de bactérias são produzidas (Slavin, 2013).

A colonização da microbiota inicia-se logo após o nascimento, e o perfil microbiano varia conforme o tipo de parto. O parto vaginal promove a transferência de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* para o recém-nascido através do contato com a microbiota vaginal da mãe. Em contrapartida, na cesariana, a colonização inicial é marcada pelas famílias *Enterobacteriaceae* e *Enterococcaceae* provenientes da pele e do ambiente hospitalar (Catassi *et al.*, 2024). A composição das comunidades microbianas no trato gastrointestinal humano é dinâmica. Durante a infância, o microbioma é fortemente influenciado pela saúde do hospedeiro, higiene, estilo de vida e uso de medicamentos (Khalil *et al.*, 2024; Oliveira *et al.*, 2021). Neste período, o perfil é dominado por *Bifidobacterium*, e em geral, por volta dos 3 anos de idade a composição assemelha-se à dos adultos. Na fase adulta, a MI tende a se tornar mais estável ao longo do tempo, com predominância dos filos bacterianos *Firmicutes*, *Bacteroidetes* e *Actinomycetota*. No entanto, existem variações entre os indivíduos devido à influência genética, dietética e localização geográfica. Apesar disso, em idosos, observa-se de modo geral a redução de *Bifidobacterium* e aumento de *Enterobacteriaceae* (Hou *et al.*, 2022; Schoultz *et al.*, 2025).

A microbiota intestinal (Figura 1) desempenha um papel importante no metabolismo de nutrientes, especialmente na digestão de fibras e carboidratos complexos não digeríveis pelo hospedeiro (Lathakumari *et al.*, 2024). Esse processo resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como acetato, propionato e butirato. Esses metabólitos estão envolvidos na manutenção da homeostase intestinal, fornecimento energético aos colonócitos e regulação do sistema imune (Cusumano *et al.*, 2025). O butirato, por exemplo, reforça a integridade da barreira intestinal ao estimular células caliciformes produtoras de muco e modular as respostas imunes via atenuação de citocinas pró-inflamatórias e diferenciação de células T reguladoras (Snodgrass; Velayudhan, 2026).

Figura 1 – Microbiota intestinal e os metabólitos produzidos.



Fonte: Autora, 2026.

O ecossistema intestinal exerce participação crucial na proteção contra a colonização por patógenos, atuando na inibição do crescimento através do consumo de nutrientes disponíveis e secretando peptídeos antimicrobianos (Rinninella *et al.*, 2019). As bactérias comensais também competem pelos sítios de adesão na parede intestinal, prevenindo o estabelecimento de infecções por espécies indesejadas, além de interagirem com células imunes para promover a manutenção de uma resposta imune equilibrada (Catassi *et al.*, 2024). Por outro lado, os hábitos alimentares inadequados, a idade e o uso de antibióticos podem comprometer esse

equilíbrio, favorecendo o aumento de microrganismos patogênicos, diminuição dos benéficos e o desenvolvimento de doenças (Lathakumari *et al.*, 2024).

2.2 DISBIOSE

A alteração da microbiota intestinal, conhecida como disbiose (DI), está associada ao aumento da permeabilidade intestinal e ao desenvolvimento de distúrbios gastrointestinais, metabólicos e comportamentais (Safarchi *et al.*, 2025). A diversidade microbiana tende a aumentar com a idade até atingir a fase adulta, no entanto, os padrões alimentares de longo prazo são os principais responsáveis pela modulação do ambiente intestinal em adultos (Rinninella *et al.*, 2019). Dietas ricas em fibras favorecem a produção de AGCC, enquanto que as ricas em gordura e pobres em fibras podem levar ao desequilíbrio (Schoultz *et al.*, 2025).

Além dos hábitos alimentares, uma série de fatores extrínsecos estão associados à DI, incluindo a ingestão de álcool, privação de sono e a utilização de xenobióticos (Safarchi *et al.*, 2025). O uso indiscriminado de antibióticos contribui para a redução da diversidade, alteração da taxonomia e indução da resistência de patógenos. Diante disso, cepas patogênicas resistentes são responsáveis pela produção de metabólitos, como os lipopolissacarídeos, potencialmente prejudiciais ao bem-estar humano, proporcionando respostas inflamatórias exacerbadas (Khalil *et al.*, 2024).

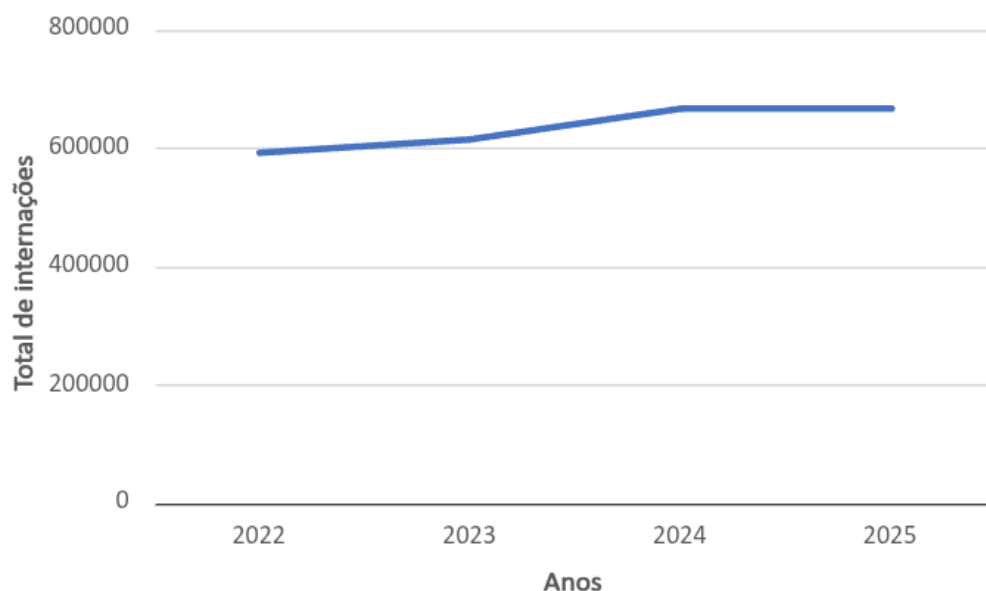
Entre os principais sintomas de disbiose, destacam-se a flatulência, constipação, diarreia e dor abdominal. No estudo conduzido por Sommacal e Hawerth (2024), foi demonstrada uma associação significativa entre os sintomas de disbiose, especialmente o acúmulo de gases, e a presença de doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade e hipertensão, em adultos do estado de Santa Catarina. Com o objetivo de avaliar a relação entre DI e doenças gastrointestinais e extragastrointestinais, Zhang e colaboradores (2021) identificou que o desequilíbrio de 479 microrganismos intestinais está associado a 117 doenças, com base no banco de dados gutMDisorder. Entre as principais enfermidades encontradas, sobressaem o câncer colorretal, doença de Crohn, e a doença de Parkinson.

A análise das perturbações nas comunidades microbianas estão se tornando cada vez mais relevantes no diagnóstico de diversos quadros clínicos, pois podem

ser consideradas como causa ou fatores coadjuvantes no desenvolvimento de diferentes condições (Sommacal; Hawerth, 2024). Nesse contexto, a doença inflamatória intestinal, que engloba a colite ulcerativa e a doença de Crohn, é uma condição crônica caracterizada pela inflamação do trato gastrointestinal (Rinninella *et al.*, 2019). Somado à redução da qualidade de vida dos pacientes com doença inflamatória intestinal, decorrentes dos sintomas gastrointestinais, percebe-se um impacto significativo dessas condições nos serviços de saúde (Li, 2026).

No estado de Pernambuco, as internações hospitalares registradas no Sistema Único de Saúde evidenciam um número expressivo de casos relacionados à doença de Crohn e à colite ulcerativa. A evolução dessas internações, no período de 2022 a 2025, é apresentada na Figura 2, onde observa-se uma tendência de crescimento ao longo dos anos analisados, com aumento mais acentuado entre 2023 e 2024. Esse cenário evidencia a importância de estratégias voltadas à modulação da microbiota intestinal, como o uso de polissacarídeos com potencial prebiótico. Tal abordagem torna-se ainda mais relevante para doença inflamatória intestinal, pois as estratégias aplicadas nos tratamentos atuais, incluindo imunossupressores e antibióticos, são frequentemente acompanhados de efeitos colaterais indesejáveis (Song *et al.*, 2025).

Figura 2 – Evolução do número de internações em Pernambuco por Doença de Crohn e Colite ulcerativa no período de 2022 a 2025.



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do Ministério da Saúde (SIH/SUS).

2.3 POLISSACARÍDEOS

Os polissacarídeos (PS) são macromoléculas formadas por mais de dez monossacarídeos unidos por ligações α ou β -glicosídicas. Os derivados de plantas, predominantemente compostos por ligações β -glicosídicas, apresentam carboidratos de alto peso molecular, extraídos de frutos, sementes, flores, folhas, caules e raízes. Estes tipicamente exibem arquiteturas ramificadas complexas, juntamente com diversas modificações de grupos funcionais (Gao *et al.*, 2026). Ademais, são os principais componentes das fibras alimentares e destacam-se por sua acessibilidade, biocompatibilidade e biodegradabilidade (Song *et al.*, 2025; Shi *et al.*, 2024; Álvarez-Mercado; Plaza-Díaz, 2022). Quanto à composição monossacarídica, podem ser classificados em homopolissacarídeos, quando são formados por um único tipo de monossacarídeo, e heteropolissacarídeos, quando constituídos por dois ou mais tipos diferentes. Também podem ser agrupados quanto à função estrutural, como a celulose e quitina, ou de reserva, como o amido e glicogênio (Subhash *et al.*, 2026; Benalaya *et al.*, 2024). Os carboidratos complexos estão entre as substâncias hidrofílicas, ou seja, que apresentam afinidade pela água, e suas propriedades físico-químicas geralmente dependem do peso molecular, da composição de monossacarídeos e das conformações da cadeia (Shi *et al.*, 2024).

Na indústria alimentícia e farmacêutica, os PS são amplamente utilizados por não apresentarem toxicidade e por diferentes benefícios, favorecendo a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (Shi *et al.*, 2024; Álvarez-Mercado; Plaza-Díaz, 2022). Em geral, associam-se a inúmeros efeitos biológicos, podendo modular a microbiota intestinal e promover uma composição majoritariamente saudável (Li *et al.*, 2023), apresentar ação antioxidante e imunomoduladora (Santos *et al.*, 2021) e entre outras atividades. Alguns polissacarídeos fermentáveis têm sido reconhecidos como prebióticos naturais, que estimulam o crescimento e a atividade de bactérias benéficas no cólon, sendo importante para o metabolismo do hospedeiro (Li *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2022). O Acemanano, um PS com bioatividade da *Aloe vera*, por exemplo, demonstrou potencial como prebiótico (Wang *et al.*, 2022).

No ambiente colônico, os carboidratos vegetais são degradados pelas bactérias intestinais e produzem gases (hidrogênio, dióxido de carbono e metano),

energia (ATP) e ácidos graxos de cadeia curta como produtos da fermentação (Liu, X. *et al.*, 2024). O butirato, um dos principais AGCC, contribui para processos anti-inflamatórios, regulação gênica, manutenção da barreira intestinal e fornecimento de energia aos colonócitos (Cusumano *et al.*, 2025).

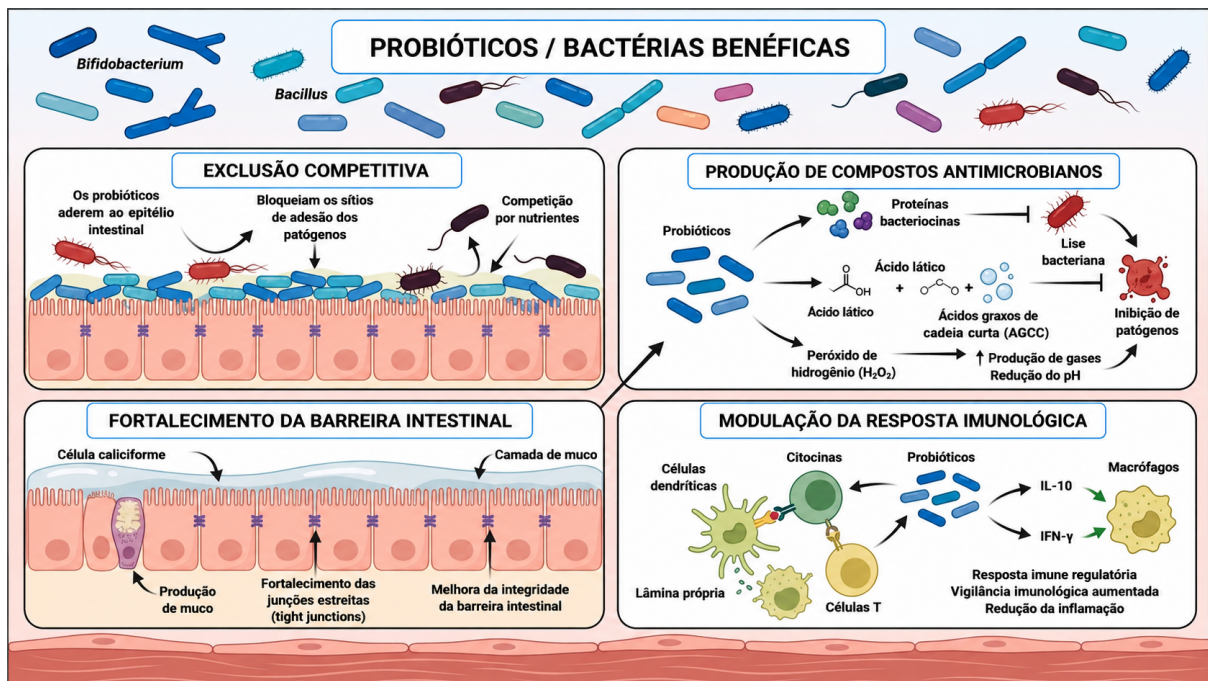
2.4 MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL

2.4.1 Probióticos

Os probióticos são microrganismos vivos, de origem conhecida e identidade confirmada, que trazem benefícios à saúde do hospedeiro quando administrados em quantidades adequadas (Latif *et al.*, 2023). As cepas comuns incluem várias espécies bacterianas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, juntamente com leveduras do gênero *Saccharomyces* (Smolinska; Popescu; Zemelka-Wiacek, 2025). Para serem utilizados de forma segura, as cepas probióticas, seus componentes e metabólitos não devem desencadear reações patogênicas, alérgicas ou mutagênicas. Após a ingestão, os probióticos precisam sobreviver à acidez do trato gastrointestinal e outras condições adversas.

Os efeitos dos probióticos, ilustrados na Figura 3, podem ser divididos em luminais, mucosos e submucosos. A ação luminal envolve a melhora do equilíbrio microbiano intestinal, o efeito mucoso promove a produção de mucinas e o submucoso refere-se a atuação no sistema imunológico do hospedeiro (Liu, X. *et al.*, 2024). As cepas probióticas demonstraram fortalecer a barreira intestinal através da regulação das proteínas de junção, reduzir o colesterol sanguíneo e contribuir para a síntese de vitaminas. Adicionalmente, atuam na produção de substâncias antimicrobianas (bacteriocinas, ácido lático e peróxido de hidrogênio), que desempenham papel fundamental na supressão de possíveis patógenos (Subhash *et al.*, 2026; Smolinska; Popescu; Zemelka-Wiacek, 2025).

Figura 3 – Efeitos multifacetados dos probióticos na manutenção da homeostase intestinal.



Fonte: Adaptado de Subhash *et al.* (2026).

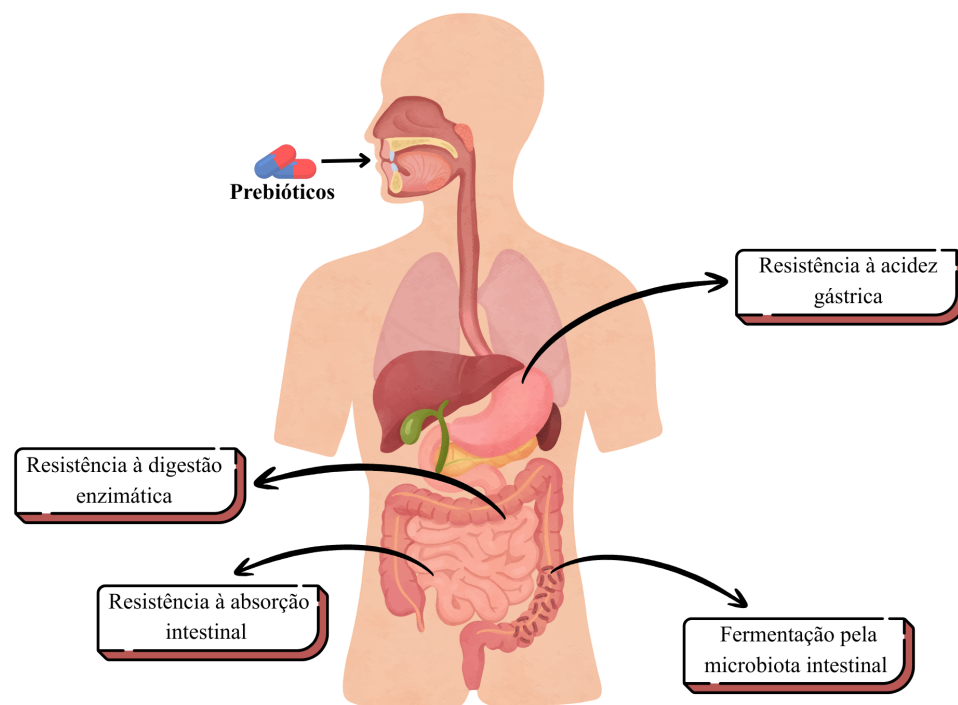
2.4.2 Prebióticos

O conceito de prebióticos surgiu inicialmente em 1995. Após revisões, a Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos, por meio de um consenso de especialistas publicado em 2017, definiu prebióticos como um substrato seletivamente utilizado por microrganismos do hospedeiro, conferindo benefício à saúde (Gibson *et al.*, 2017). São fibras alimentares não digeríveis que podem ser encontradas em vários alimentos, como grãos integrais, cebola, alho e banana (Ji *et al.*, 2023). No entanto, em alguns casos, a ingestão em doses elevadas são necessárias para efeitos terapêuticos significativos. Os carboidratos com atividade prebiótica podem ser classificados conforme as subunidades de açúcar, estrutura de ligações e grau de polimerização. Dentre eles, a fibra alimentar e os alcoóis de açúcar são os principais encontrados na natureza. A fibra alimentar compreende os amidos resistentes, e polissacarídeos não amiláceos (inulina, pectina, celulose, hemicelulose e oligossacarídeos, como os frutooligossacarídeos (FOS) e galactooligossacarídeos (GOS)). Por outro lado, a segunda categoria inclui

o manitol, xilitol, sorbitol, isomalte e hidrolisados de amidos hidrogenados (Kumoro *et al.*, 2025; Slavin, 2013).

Os componentes alimentares, como as fibras, precisam de alguns critérios (Figura 4) para serem classificados como prebióticos: resistência à acidez gástrica, à hidrólise por enzimas de mamíferos e à absorção no trato gastrointestinal superior; fermentação pela microbiota intestinal; e estimulação seletiva do crescimento e/ou a atividade de bactérias intestinais associadas à saúde e ao bem-estar humano (Gibson *et al.*, 2017; Slavin, 2013). Ao chegarem intactos no cólon, são fermentados por bactérias benéficas, como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, e servem como fontes de alimento. Esse processo, por sua vez, reduz a abundância de microrganismos nocivos, a exemplo da *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (Smolinska; Popescu; Zemelka-Wiacek, 2025; Ji *et al.*, 2023). No entanto, a resistência digestiva pode ser afetada por diferentes tipos de ligações glicosídicas e composições de monossacarídeos presentes nos carboidratos. Os oligossacarídeos de lactose de baixo grau de ligação β -1,6, por exemplo, exibem um melhor efeito estimulante do crescimento das *Bifidobacterium* em comparação com os de ligação β -1,4 (Wang *et al.*, 2024).

Figura 4 – Critérios funcionais dos prebióticos.



Fonte: Autora, 2026.

Com o consumo de prebióticos, espera-se reduzir a inflamação e os sintomas das doenças inflamatórias intestinais, amenizar alguns fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, promover a saciedade e prevenir a obesidade (Song *et al.*, 2025; Slavin, 2013). Entretanto, a variabilidade genética, dietética e outros aspectos entre os indivíduos exige uma terapia personalizada, que carece de mais pesquisas e compreensão da área. A ausência de uma padronização quanto a dose e formulação de prebióticos compromete a comparação dos estudos e a determinação da melhor estratégia terapêutica, limitando a sua aplicabilidade clínica (Ji *et al.*, 2023).

A inulina, prebiótico amplamente estudado, possui uma ampla gama de benefícios para a saúde, incluindo a redução da inflamação, do açúcar no sangue, dos lipídios sanguíneos e do peso corporal, além da melhora da constipação. É um polímero de frutose composto por ligações glicosídicas β -2,1, sendo hidrolisado por inulinases de bactérias intestinais, produzindo principalmente frutose e monômeros de glicose (Kei *et al.*, 2024). Ao ser fermentada por bactérias intestinais, a inulina estimula a produção de AGCCs, que podem atravessar a barreira intestinal e interagir com diversos processos no organismo (Álvarez-Mercado; Plaza-Diaz, 2022). O acetato pode ser metabolizado no cérebro, músculo e outros tecidos, enquanto que o propionato pode reduzir a produção de colesterol no fígado (Slavin, 2013).

2.4.3 Simbióticos

Os simbióticos, uma mistura que compreende microrganismos vivos (probióticos) e substratos seletivamente utilizados por bactérias intestinais (prebióticos), são formulados para alcançarem desempenho e benefícios maiores quando comparados com probióticos isolados (Swanson *et al.*, 2020). Estes podem ser classificados em simbióticos complementares, quando combinam probióticos e prebióticos comprovados, ou sinérgicos, caracterizados pela junção de microrganismos vivos com um substrato especificamente selecionado para ser utilizado por eles (Smolinska; Popescu; Zemelka-Wiacek, 2025). Apesar de geralmente apresentarem menor risco de interações medicamentosas em comparação com os tratamentos farmacêuticos, ainda é necessário pesquisas

futuras, pois existem alguns impasses na aplicação clínica, como as diferenças individuais e a proporção dos componentes simbióticos (Swanson *et al.*, 2020).

2.5 DOMÍNIO FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, ocupando cerca de 11% do país, com maior parte localizada na região Nordeste (Figura 5). Caracteriza-se pela elevada diversidade vegetal, composta por arbóreas e pequenos arbustos (Oliveira *et al.*, 2020; Souza; Córdula; Cavalcanti, 2024). Mais de 2000 espécies da flora já foram identificadas, apresentando mecanismos de adaptação ao clima semiárido descrito pela disponibilidade hídrica reduzida, altas temperaturas, longas estações secas e solos pedregosos (Souza; Córdula; Cavalcanti, 2024). Nesse panorama, as plantas demonstram capacidade de sobreviver às condições adversas por meio de diferentes estratégias, como a retenção de água, a queda de folhas para minimizar a perda de umidade e ciclos de florações associados aos períodos chuvosos, além da produção de metabólitos secundários contra pragas e estresses ambientais (Melo *et al.*, 2023; Frota; Moraes, 2025). A vegetação da Caatinga pode ser classificada conforme o gradiente de adaptação à disponibilidade hídrica. As espécies denominadas hiperxerófitas, representadas por *Cactaceae* e algumas *Bromeliaceae*, apresentam elevada resistência à seca, geralmente associadas a solos rasos. Por outro lado, as plantas com maior porte, encontradas em áreas com maior umidade ou solos mais profundos, são denominadas hipoxerófitas, como a espécie *Sarcomphalus joazeiro* (Oliveira *et al.*, 2020).

Figura 5 – Mapa do Brasil com o Domínio fitogeográfico da Caatinga.



Fonte: Adaptado de Souza; Córdoba; Cavalcanti (2024).

As plantas encontradas no bioma Caatinga dispõem de compostos que contribuem para a saúde humana. Os fenólicos, por exemplo, são antioxidantes que protegem contra a radiação solar UV (Frota; Morais, 2025). Além disso, foram identificadas propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas, antiparasitárias e outras, através de estudos com raízes, caules, folhas, flores e frutos (Carvalho *et al.*, 2025; Kauffmann *et al.*, 2025; Carvalho *et al.*, 2025). Espécies como a *Ouratea fieldingiana* (Batiputá), *Astronium urundeuva* (Aroeira), *Libidibia ferrea* (Jucá) e *Ximenia americana* (Ameixa-do-nordeste) são frequentemente citadas em pesquisas farmacológicas (Frota; Morais, 2025). Apesar de suas características únicas e grande potencial biotecnológico, a Caatinga ainda é um dos biomas menos estudados quanto à flora (Souza; Córdoba; Cavalcanti, 2024). No entanto, pesquisas científicas estão aumentando de forma significativa nos últimos anos (Melo *et al.*, 2023). Assim, a exploração sustentável e consciente dos recursos vegetais desse

domínio fitogeográfico pode contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas para o bem-estar humano (Frota; Morais, 2025; Kauffmann *et al.*, 2025).

2.6 *SARCOMPHALUS JOAZEIRO* (MART.) HAUENSCHILD

A espécie *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild (Figura 6), anteriormente classificada como *Ziziphus joazeiro* Mart., é uma planta típica da região semiárida brasileira, sendo endêmica do bioma Caatinga (Andrade *et al.*, 2019; De Souza *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2025; Andrade *et al.*, 2025). Caracteriza-se por sobreviver em condições climáticas adversas, como períodos longos de seca, e pode atingir até 16 m de altura (De Carvalho *et al.*, 2025). É pertencente à família *Rhamnaceae*, que abrange 58 gêneros e aproximadamente 900 espécies, as quais são tradicionalmente empregadas na medicina popular por possuírem atividades anti-inflamatórias, antibacterianas, antipiréticas e antivirais (Da Rocha *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2025; Kauffmann *et al.*, 2025).

O fruto de *S. joazeiro*, conhecido como “juá” ou “laranjeira-de-vaqueiro”, é comestível e apresenta tamanho pequeno (1,0 a 1,5 centímetros de diâmetro), forma redonda, cor amarela e sabor adocicado (Santos; Silva, 2017; DA ROCHA *et al.*, 2022). Possui uma polpa mucilaginosa branca, com elevados teores de vitamina C e compostos fenólicos, coberta por uma casca fina e com uma semente no centro (Oliveira *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2025). No contexto ecológico e econômico, são utilizados para arborização de ruas, fabricação de cosméticos e alimentação de animais. Além disso, os frutos exibem um alto teor de água, carboidratos e minerais (Brito *et al.*, 2020).

Figura 6 – Espécie Vegetal de *Sarcomphalus joazeiro*.



Fonte: Adaptado de Andrade *et al.* (2025); Da Silva *et al.* (2025); De Carvalho *et al.* (2025).

Diferentes partes da planta, como os frutos, sementes, flores, folhas, caules e raízes, apresentam uso popular no tratamento de bronquite, úlceras gástricas, feridas cutâneas, asma, pneumonia, combate à febre e infecções bacterianas e fúngicas (Andrade *et al.*, 2019; Brito *et al.*, 2020; De Carvalho *et al.*, 2025). A casca e folhas do *joazeiro* contém na sua constituição fitoquímica saponinas que formam espumas em soluções aquosas, sendo bastante usadas para escovação dentária dos habitantes, principalmente da região Nordeste (Andrade *et al.*, 2019).

O juá representa uma fonte significativa de fibras alimentares, o consumo leva à ingestão de polissacarídeos como arabinogalactano altamente ramificado e ramnogalacturonano complexo do tipo I (Da Silva *et al.*, 2025). Ensaio *in vitro* realizados por Fernandes *et al.* (2024) demonstraram que o fruto serve como substrato para fermentação probiótica de monoculturas de *Lactobacillus acidophilus* ou *Lactobacillus casei* e co-cultura dessas duas bactérias. Apesar da composição nutricional do fruto, as propriedades biológicas são pouco exploradas na literatura, como o potencial prebiótico (Andrade *et al.*, 2025). Diante do exposto, o fruto de *S. joazeiro* apresenta-se como um promissor candidato à obtenção de polissacarídeos com potencial prebiótico.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial prebiótico *in vitro* dos polissacarídeos extraídos da polpa de *S. joazeiro*.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair os polissacarídeos presentes nos frutos de *S. joazeiro*;
- Determinar os teores de carboidratos totais e proteínas do material extraído dos frutos de *S. joazeiro*;
- Avaliar o efeito prebiótico *in vitro* dos polissacarídeos com cepas probióticas de *Lactobacillus rhamnosus* (CECT 278), *Lactobacillus plantarum* (CECT 748), *Lactobacillus casei* (ATCC 334) e *Bifidobacterium adolescentis* (CECT 5781).

4 METODOLOGIA

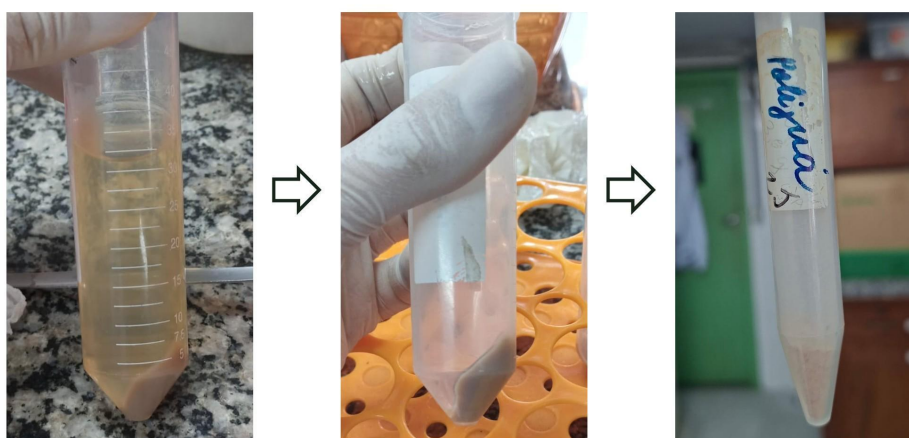
4.1 COLETA DO MATERIAL

Os frutos de *S. joazeiro* foi coletado no distrito de Algodões, da cidade de Sertânia/PE – Brasil, submetido a identificação botânica através da elaboração de exsicata e depositado no Herbário UFP – Geraldo Mariz da UFPE, UFP100561.

4.2 EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DOS POLISSACARÍDEOS

Os polissacarídeos presentes na polpa de *S. joazeiro* foram extraídos de acordo com a metodologia adaptada de Souza *et al.* (2010). As polpas dos frutos foram separadas das sementes e descascadas, totalizando 250 g. Em seguida, foi triturada e dissolvida em água destilada (20 % p/v) sob agitação magnética (200 rpm) por 2 h à temperatura ambiente (25 °C). A solução foi filtrada utilizando tecido tipo “voal”, seguida de uma nova filtragem em tela de serigrafia (90 fios). O filtrado foi precipitado com solução de etanol 70 % (1:3 v/v) por 18 h e logo após, a amostra foi separada por centrifugação a uma velocidade de 5000 rpm (7840 × g) por 5 minutos à 10°C. O material adquirido foi lavado consecutivamente com etanol absoluto e, posteriormente, com acetona P.A (Figura 7). O precipitado obtido, agora chamado de Polijuá (polissacarídeos do juá), foi liofilizado e pulverizado com o auxílio de um moinho de facas e estocado à temperatura ambiente.

Figura 7 – Sequência de purificação do Polijuá.



Fonte: Autora, 2026.

O rendimento de extração foi calculado segundo a metodologia descrita por Thu Dao *et al.* (2021), usando a equação:

$$\text{Rendimento do Polijuá (\%)} = \frac{\text{Peso seco dos polissacarídeos extraídos}}{\text{Peso seco da matéria-prima}} \times 100$$

4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CARBOIDRATOS TOTAIS E PROTEÍNAS

A composição química do Polijuá foi avaliada por espectrofotometria para determinar a dosagem de carboidratos e proteínas, segundo as metodologias descritas por Dubois *et al.* (1956) e Bradford (1976), respectivamente. Galactose (A_{490} nm) e albumina de soro bovino (A_{595} nm) foram utilizados como padrões para as construções das respectivas curvas.

4.4 PROBIÓTICOS E MEIOS DE CULTURA

As cepas de *Lactobacillus rhamnosus* (CECT 278), *Lactobacillus plantarum* (CECT 748) e *Lactobacillus casei* (ATCC 334) foram obtidas do Laboratório de Genética de Microrganismo da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. *Bifidobacterium adolescentis* (CECT 5781) foi obtida da Coleção Espanhola de Culturas Tipo (CECT), Espanha. Cepas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, mantidas em estoque a -20°C, foram reativadas em 9 mL de caldo Man-Rogosa-Sharpe (MRS) obtido da Sigma-Aldrich e incubadas à 37 °C por 24h. Após esse período de ativação, realizou-se um repique transferindo 1 mL de cada cultura para novos tubos Falcon contendo 9 mL de caldo MRS, com o propósito de assegurar a viabilidade e crescimento bacteriano ativo. O meio para crescimento da cepa de *Bifidobacterium* foi suplementado com L-cisteína-HCl (0.5 g-L⁻¹), um agente redutor capaz de diminuir o potencial de oxirredução e promover uma condição anaeróbica favorável ao crescimento desse gênero. Ademais, os tubos foram acondicionados em uma jarra de anaerobiose e mantidos nas mesmas condições de temperatura e tempo supracitados.

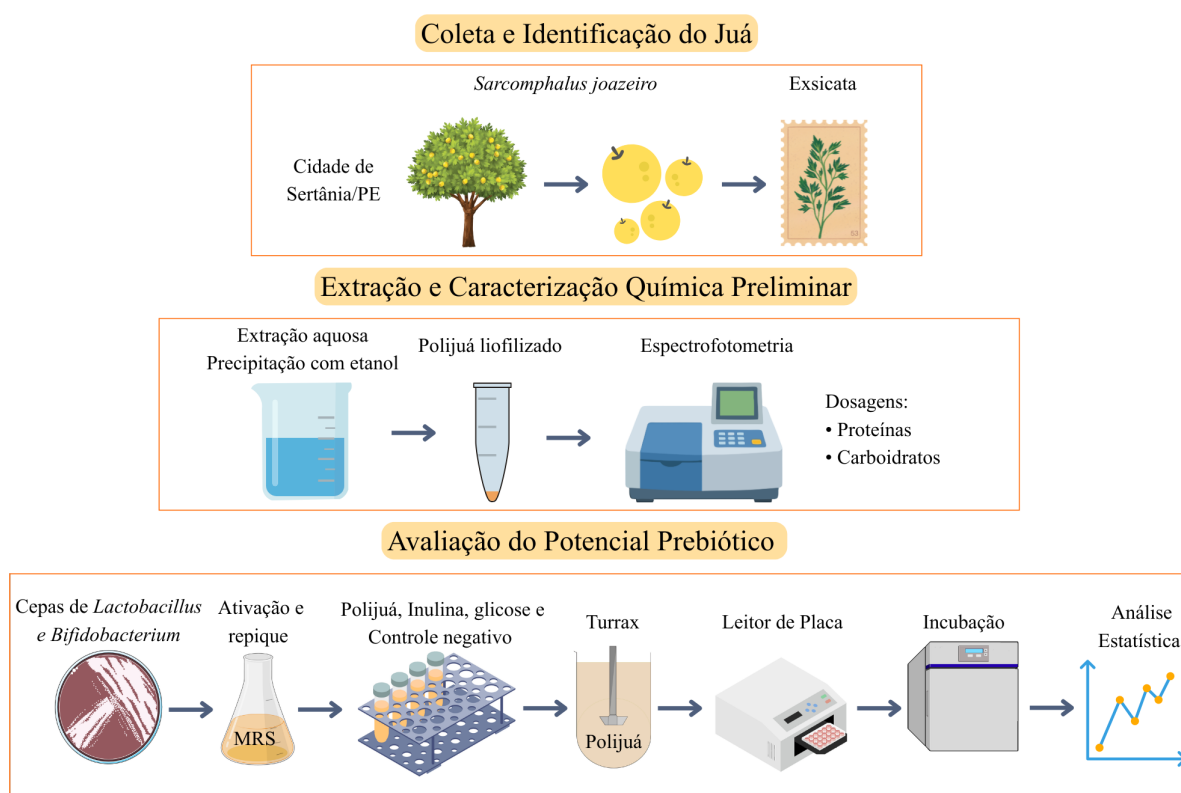
4.5 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PREBIÓTICO *IN VITRO*

O efeito prebiótico do Polijuá seguiu o método de Santos *et al.* (2021) com modificações. Células de *Lactobacillus* (*L. rhamnosus*, *L. plantarum* e *L. casei*) e *Bifidobacterium* (*B. adolescentis*) foram cultivadas em meio MRS contendo o polissacarídeo de estudo como principal fonte de carbono. Este meio foi preparado com a seguinte formulação: proteose de peptona (10 g/L), extrato de carne (10 g/L), extrato de levedura (5 g/L), tween 80 (1,08 g/L), citrato de amônio (2 g/L), acetato de sódio (5 g/L), sulfato de magnésio (0,2 g/L), sulfato de manganês (0,05 g/L), fosfato dipotássio (2 g/L). A inulina foi utilizada como controle positivo prebiótico e a glicose como controle de crescimento bacteriano. Ambas foram adicionadas separadamente ao meio MRS anteriormente preparado em uma concentração de 2% (p/v), igualmente usada para o polijuá. O controle negativo foi o meio sem nenhuma fonte de carbono. Para homogeneizar o meio contendo os polissacarídeos extraídos do juá, foi utilizado o Ultra-Turrax (IKA® T10 basic) por 2 min, com o propósito de formar nanopartículas. Antes do uso, todos os meios e materiais foram devidamente autoclavados para eliminar o risco de contaminação das amostras. Em seguida, antes do início da atividade prebiótica, as culturas bacterianas foram ajustadas para a turbidez equivalente a 0,5 da escala de McFarland, correspondente a aproximadamente $1,5 \times 10^8$ UFC/mL, utilizando caldo MRS como diluente. Essa etapa teve como objetivo garantir uma concentração inicial uniforme de bactérias utilizadas no experimento. Os grupos amostrais foram distribuídos em tubos Falcon, inoculados e incubados à 37 °C. O crescimento bacteriano foi avaliado por meio da leitura da densidade óptica a 600 nm (DO_{600nm}), de alíquotas das amostras (100 µL) transferidas para uma microplaca de 96 poços. Após a transferência para a microplaca, as amostras contendo o Polijuá foram diluídas na proporção de 1:3 (50 µL de amostra para 150 µL de água destilada estéril), devido à elevada viscosidade da solução. A microplaca foi analisada em um leitor de microplacas (xMark™ microplate Spectrophotometer; Bio-Rad, EUA), nos tempos de 0, 4, 8, 12 e 24h após a adição dos substratos. Os experimentos foram realizados em triplicata em valores verdadeiros e os índices de crescimento bacteriano foram expressos em valores de DO_{600nm} pelo tempo em horas (Araújo *et al.*, 2026). As densidades ópticas registradas para cada amostra foram corrigidas pela subtração do branco, formado pelo meio de cultura sem inoculação bacteriana, com o propósito de eliminar possíveis interferências do meio e dos polissacarídeos analisados.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram expressos como média $\pm$ desvio padrão. A análise estatística dos dados experimentais foi realizada utilizando o programa GraphPad Prism versão 8.0 (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, EUA). As diferenças entre as médias dos grupos foram avaliadas por meio de análise de variância de duas vias (Two-Way ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Dunnett, utilizando o Polijuá como grupo de referência para as comparações. Foi adotado um nível de significância de 5% para os resultados ($p \leq 0,05$). O fluxograma das atividades desenvolvidas no estudo está apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma de atividades do estudo com *Sarcomphalus joazeiro*.



Fonte: Autora, 2026.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA PRELIMINAR DO POLIJUÁ

Os polissacarídeos obtidos após a extração, denominados Polijuá, mostraram-se solúveis em água e apresentaram rendimento de extração de 1,88%, conforme apresentado na Tabela 1. O rendimento está diretamente relacionado à espécie, à parte da planta e ao método de extração utilizado (Santos *et al.*, 2021). Embora baixo, o resultado da extração e purificação do Polijuá era esperado, como relatado anteriormente para polissacarídeos extraídos de frutos. O rendimento da extração de polissacarídeos da polpa de juá, descrita por Leandro *et al.* (2021), por exemplo, foi de 1,4%, enquanto que Ye *et al.* (2025) obtiveram 2,3% para polissacarídeos brutos dos frutos de *Ziziphus jujuba* cv. *Muzao*. Da mesma forma, Dias *et al.* (2020) reportaram rendimentos variando de 2,39% a 5,70% para pectina extraída da polpa de *Campomanesia xanthocarpa*, de acordo com as condições de extração com água quente pressurizada.

Tabela 1 – Rendimento e composição química do Polijuá.

Análises	Polijuá
Rendimento (%)	1,88
Composição química	
Carboidratos totais (%)	79,00 ± 0,02
Proteínas (%)	0,00 ± 3,68

O percentual de carboidratos totais na polpa do juá correspondeu a 79% (Tabela 1). O alto teor de polissacarídeos observados na amostra pode ser atribuído ao método de extração aplicado, especialmente a utilização do etanol absoluto. Nesta concentração, o etanol consiste em desnaturar as proteínas contaminantes e precipitar os PS. Ao adicionar etanol em um meio aquoso, a polaridade é reduzida e os polissacarídeos se aglomeram, pois tornam-se menos solúveis em um meio com redução da polaridade devido aos grupos hidroxilas (OH) (Silva *et al.*, 2025). O valor obtido foi superior ao encontrado no polissacarídeo bruto extraído de *Zizyphus*

jujuba cv. *Muzao* ($55,32 \pm 0,23\%$) (Ye *et al.*, 2025) e semelhante aos descritos para o fruto de *Sarcomphalus joazeiro* ($80,45; 85,8 \pm 0,46\%$) (Cavalcanti *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2020). As variações encontradas na composição química de estudos com a mesma espécie geralmente são influenciadas pelo estágio de maturação do fruto e pelas condições ambientais, como características do solo, temperatura e precipitação de chuvas (Cavalcanti *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2025).

Quanto à presença de proteínas totais (Tabela 1), o polijuá apresentou resposta negativa ao método de Bradford, indicando a ausência detectável de proteínas. Esse resultado foi semelhante ao descrito em estudos com PS extracelulares produzidos por *Rhodotorula minuta* ATCC 10658 e com a mucilagem da casca dos frutos de *Opuntia ficus-indica*, sugerindo um elevado grau de pureza. Valores igualmente baixo foram observados na extração e purificação de um polissacarídeo da goma de *Cenostigma nordestinum* e de um polissacarídeo neutro de *Areca catechu* L., nos quais foram encontrados teores protéicos de $1,70 \pm 0,28\%$ e $0,39$ a $0,64\%$, respectivamente (Silva *et al.*, 2025; Ji *et al.*, 2022). O juá, independente do estágio de maturação, apresenta concentrações de proteínas naturalmente baixas em sua composição, os resultados encontrados variam de $1,2$ a $2,0\%$ (Costa *et al.*, 2020; Santos; Silva, 2017).

5.2 ATIVIDADE PREBIÓTICA

Os resultados do crescimento de cepas de *Lactobacillus* sp. e *Bifidobacterium* sp., incubadas com diferentes fontes de carbono (inulina, glicose ou os polissacarídeos do *S. joazeiro*) são apresentados na Figura 9. A inulina foi utilizada como controle positivo devido ao seu perfil prebiótico amplamente caracterizado e aplicado na clínica. A glicose serviu como controle positivo não seletivo, por se tratar de um monossacarídeo simples, é facilmente metabolizada pelas bactérias. O controle negativo (CN) consistiu em meio MRS sem fonte de carbono, sendo utilizado para avaliar o crescimento basal das cepas bacterianas. O tempo 0 foi utilizado como referência inicial para a comparação e avaliação do crescimento bacteriano ao longo das 24 horas de fermentação.

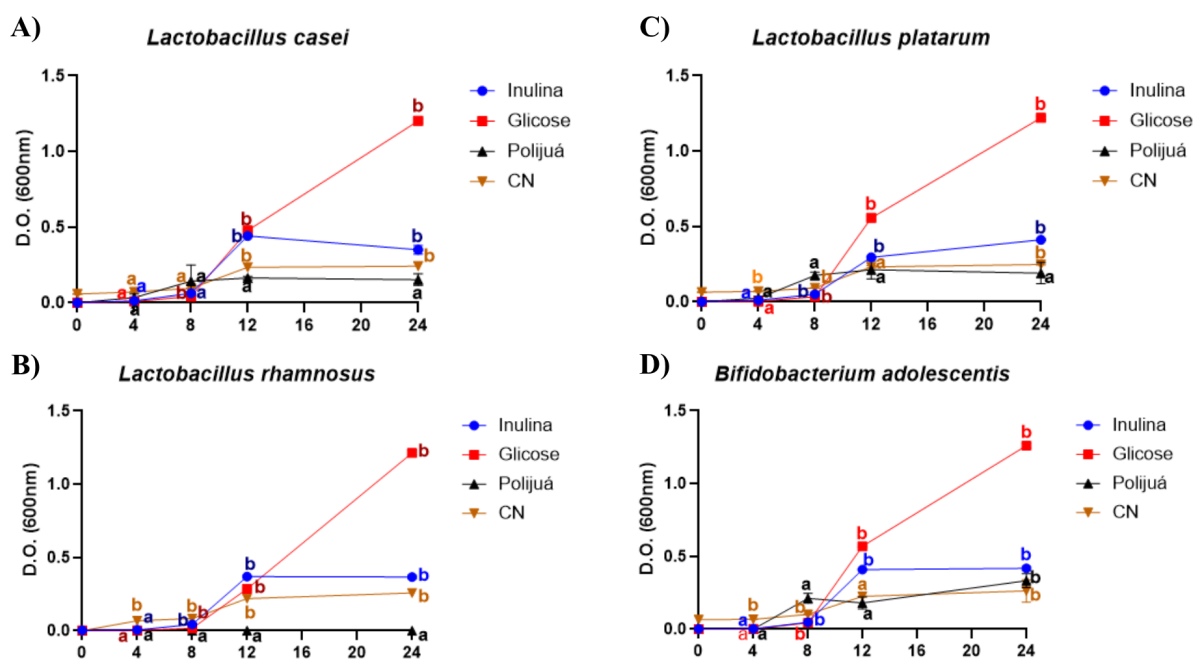


Figura 9 – Curva de crescimento das cepas de *Lactobacillus* sp. e *Bifidobacterium* sp. em meio MRS. (A) *Lactobacillus casei*, (B) *Lactobacillus plantarum*, (C) *Lactobacillus rhamnosus*, (D) *Bifidobacterium adolescentis*. Inulina: meio MRS sem glicose + inulina; Glicose: meio MRS com glicose; Polijuá: meio MRS sem glicose + Polijuá; CN: meio MRS sem fonte de carbono. Os resultados são mostrados como média $\pm$ DP. Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre o Polijuá e os demais tratamentos no mesmo ponto de tempo (Two-Way ANOVA, pós-teste de Dunnett, $p < 0,05$).

Para os probióticos do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, a maioria apresentou início do aumento da densidade celular após 4 horas de fermentação na presença das fontes de carbono. De forma geral, as cepas cultivadas com o Polijuá apresentaram taxa de crescimento inferior quando comparadas com a glicose e inulina. A glicose foi rapidamente metabolizada por todas as bactérias analisadas, resultando nos maiores níveis de densidade óptica, com diferença significativa ($p < 0,001$) em comparação ao Polijuá em 12 e 24 horas. Esse resultado é previsto, uma vez que a glicose é um monossacarídeo, que não necessita de hidrólise prévia. De forma semelhante, Silva *et al.* (2025) relatou esse achado com o polissacarídeo da goma de *Cenostigma nordestinum*.

Quando comparado à inulina, o Polijuá promoveu crescimento

significativamente inferior para os *Lactobacillus*, principalmente nos tempos 8 e 12 horas. Entre as cepas, *L. casei* e *L. rhamnosus* (Figura 9A e 9C) não apresentaram crescimento na presença do Polijúá ao longo das 24 horas de fermentação, com valores de densidade óptica semelhantes ao controle negativo em todos os tempos. Esse resultado sugere que, sob estas condições e para essas espécies de *Lactobacillus*, não foi possível identificar crescimento significativo quando comparado a inulina. No entanto, estudos com controle de O₂ e CO₂, assim como *in vivo*, devem ser investigados.

Para *B. adolescentis* (Figura 9D) e *L. plantarum* (Figura 9B), não houve diferença significativa em 24 horas entre o Polijúá e a inulina. O atraso observado no crescimento em Polijúá pode demonstrar uma fase de adaptação metabólica bacteriana, com indução e expressão de enzimas necessárias para degradação dos polissacarídeos. Ademais, a utilização mais lenta dos polissacarídeos presentes no juá pode representar uma característica favorável, uma vez que substratos rapidamente fermentáveis, como a inulina, tendem a ser metabolizados nas 12 primeiras horas. Diferentemente da inulina, polissacarídeos de degradação mais gradual podem sustentar a atividade metabólica bacteriana por períodos mais prolongados. Assim, é possível que a fermentação do Polijúá continue além das 24 horas, particularmente para *Lactobacillus plantarum*, que apresentou crescimento semelhante ao observado com o controle positivo ao final do período avaliado.

Observa-se, no entanto, um comportamento distinto para *B. adolescentis* no tempo de 8 horas, no qual o Polijúá estimulou um aumento superior da densidade celular ao observado com os outros substratos ($p < 0,001$). Essa diferença sugere que a *Bifidobacterium* foi capaz de iniciar a utilização dos polissacarídeos presentes no juá, possivelmente por possuir um repertório enzimático para fermentação desses carboidratos. Em comparação ao controle negativo, o Polijúá apresentou comportamento variável entre as cepas ao longo do experimento, com resultados semelhantes ou inferiores. Esse comportamento do CN relaciona-se com a utilização de nutrientes presentes no meio MRS sem glicose, como a peptona e extrato de leveduras, para sustentar o crescimento bacteriano.

A utilização dos PS pelos microrganismos não ocorre de forma constante, mas reflete as particularidades metabólicas de cada cepa. No ambiente intestinal, é favorecido mecanismos de alimentação cruzada (cross-feeding). Bactérias capazes

de degradar polissacarídeos complexos liberam oligossacarídeos e monossacarídeos que podem ser utilizados por outros membros da microbiota (Culp; Goodman, 2023). Apesar do presente estudo ter sido conduzido em monoculturas, essa hipótese é reforçada por observações anteriores por Fernandes *et al.* (2024), demonstrando que a polpa do fruto de *S. joazeiro* foi capaz de sustentar o crescimento de *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus casei* em co-culturas.

O efeito prebiótico provavelmente está atribuído a uma combinação de fatores dos polissacarídeos, incluindo sua composição de monossacarídeos, peso molecular (PM) e a presença de ligações glicosídicas específicas que favorecem o crescimento de cepas bacterianas (Subhash *et al.*, 2026; Lai *et al.*, 2025). A composição monossacarídica pode influenciar a atividade prebiótica, uma vez que algumas cepas possuem afinidade por determinados monossacarídeos. A pectina rica em arabinose, por exemplo, está associada ao aumento de *Bacteroides thetaiotaomicron*, enquanto que, a pectina com maior teor de galactose contribui para o crescimento de *Bifidobacterium* (Subhash *et al.*, 2026). Embora a composição monossacarídica do Polijuá não tenha sido determinada neste estudo, Da Silva *et al.* (2025) identificaram a predominância de galactose (37,2%), arabinose (21,9%) e ácido urônico (30,3%), além de pequenas quantidades de ramnose e xilose. A complexidade estrutural foi determinada pelos mesmos autores, sendo constatada a presença de um arabinogalactano altamente ramificado e de um ramnogalacturonano complexo do tipo I na polpa do juá. Esses resultados sugerem que o Polijuá, composto por moléculas polissacarídicas complexas, heterogêneas e ramificadas, depende de conjuntos específicos de enzimas microbianas para ser hidrolisado. Essas características estruturais podem associar-se aos diferentes padrões de crescimento observados entre as cepas testadas.

O peso molecular também está relacionado à atividade prebiótica dos polissacarídeos, visto que prebióticos de menor PM apresentam grupos ativos mais expostos às enzimas microbianas e podem ser transportados e metabolizados rapidamente no interior celular (Zhang *et al.*, 2026; You *et al.*, 2022). No estudo realizado por Zou e colaboradores (2023), o polissacarídeo extraído da polpa de *Lichia* com menor peso molecular (16,96 kDa) estimulou o crescimento bacteriano *in vitro* em um tempo inferior quando comparado às frações de maior peso molecular. O gênero *Bifidobacterium* é conhecido na literatura por sua preferência em

oligossacarídeos de baixo PM, os quais são facilmente degradados pelas enzimas intracelulares, como a β -frutofuranosidase (Araújo *et al.*, 2026). Apesar da interferência do PM na fermentação bacteriana estar bem relatada na literatura, essa propriedade não foi avaliada no Polijuá obtido neste estudo. Dessa forma, análises complementares precisam ser realizadas para confirmar a sua influência quanto ao potencial prebiótico.

As ligações glicosídicas exercem papel fundamental, juntamente com os fatores anteriormente discutidos, na determinação da estrutura e função dos polissacarídeos. Os probióticos degradam carboidratos vegetais complexos por meio da ação de enzimas ativas em carboidratos (CAZymes), como β -galactosidase, α -glucosidase e arabinase (You *et al.*, 2022). Após a hidrólise dos PS pelas CAZymes e metabolização dos açúcares liberados, são produzidos metabólitos secundários, que são absorvidos pelo organismo. Estes, por sua vez, influenciam o metabolismo do hospedeiro (Zhang *et al.*, 2026). Diferentes microrganismos possuem repertórios específicos de enzimas capazes de hidrolisar determinados tipos de ligações, resultando na diferença do crescimento bacteriano entre cepas distintas. Espécies do gênero *Bacteroides*, por exemplo, apresentam alta capacidade de degradar estruturas polissacarídicas complexas contendo diferentes tipos de ligações glicosídicas (Subhash *et al.*, 2026). Por outro lado, *Bifidobacterium longum* NCC2705 e *Lactobacillus rhamnosus* GG possuem repertórios enzimáticos associados à utilização de carboidratos com ligações α -1,4 (Zhang *et al.*, 2026). Nessa perspectiva, o crescimento limitado de *L. rhamnosus* observado neste estudo também pode estar relacionado à ausência ou baixa expressão de enzimas capazes de quebrar as ligações glicosídicas presentes nos polissacarídeos do juá.

Outro fator que pode ter influenciado o crescimento bacteriano observado neste estudo é a elevada viscosidade da amostra do juá. As soluções viscosas podem reduzir a mobilidade celular devido à redução do espaço. He *et al.* (2023) examinou a influência da viscosidade nas características de fermentação de frutooligossacarídeos (FOS) pela microbiota intestinal, os resultados indicaram que uma viscosidade mais elevada teve um impacto significativo na redução da taxa de fermentação de FOS. Em suma, os resultados obtidos sugerem que os polissacarídeos extraídos do fruto de *S. joazeiro* apresentam características químicas promissoras para aplicabilidade na área de alimentos funcionais, sendo

capazes de estimular o crescimento bacteriano seletivo de *B. adolescentis* e *L. plantarum*.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que os polissacarídeos presentes na polpa do fruto de *Sarcomphalus joazeiro* (Polijua) apresentaram rendimento de 1,88% e elevado teor de carboidratos totais ($79,00 \pm 0,02\%$), bem como ausência detectável de proteínas, indicando alto grau de pureza do extrato obtido. A avaliação do potencial prebiótico *in vitro* demonstrou que o Polijua é capaz de estimular seletivamente o crescimento de *Bifidobacterium adolescentis* e *Lactobacillus plantarum*, com densidades ópticas comparáveis às obtidas com a inulina ao final de 24 horas de fermentação. Esse comportamento sugere que essas cepas dispõem de repertório enzimático compatível com a degradação das estruturas glicosídicas presentes no Polijua. Por outro lado, *L. casei* e *L. rhamnosus* não apresentaram crescimento expressivo na presença do Polijua, evidenciando que o efeito observado é dependente do repertório enzimático de cada cepa bacteriana.

Em conjunto, os resultados obtidos indicam que o Polijua apresenta potencial prebiótico seletivo e constitui uma fonte promissora de fibras fermentáveis para o desenvolvimento de alimentos funcionais capazes de modular a microbiota intestinal. Além disso, este trabalho contribui para a valorização científica dos bioativos do bioma Caatinga, reforçando o potencial biotecnológico de espécies ainda pouco exploradas, como *S. joazeiro*. Nessa perspectiva, novos estudos envolvendo a determinação do peso molecular e da composição monossacarídica do Polijua, a avaliação do perfil de ácidos graxos de cadeia curta produzidos durante a fermentação e a simulação gastrointestinal para verificar a integridade das estruturas químicas são necessários para fornecer base científica mais sólida à sua aplicação. Complementarmente, a realização de ensaios com microbiota fecal humana permitirá ampliar a compreensão do seu mecanismo prebiótico em um sistema mais similar ao ambiente intestinal.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-MERCADO, Ana I.; PLAZA-DIAZ, Julio. Dietary Polysaccharides as Modulators of the Gut Microbiota Ecosystem: An Update on Their Impact on Health lo. **Nutrients**, v. 14, n. 19, p. 4116, 3 out. 2022.

ANDRADE, Fabrícia Santos *et al.* General Aspects and Applications of Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.): Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Antimicrobial Potential. **Processes**, v. 13, n. 10, p. 3352, 20 out. 2025.

ANDRADE, Jacqueline Cosmo *et al.* Control of bacterial and fungal biofilms by natural products of *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 65, p. 226–233, ago. 2019.

ARAÚJO, Maria Isabela Ferreira de *et al.* *Cordia africana* fruit hydrocolloid alleviates sodium dextran sulfate-induced colitis in mice. **Food Bioscience**, v. 68, p. 106463, jun. 2025.

ARAÚJO, Maria Isabela Ferreira de *et al.* Evaluation of the prebiotic and antioxidant potential of *Cordia africana* hydrocolloid through in vitro gastrointestinal digestion. **Food Bioscience**, v. 79, p. 108681, maio 2026.

BENALAYA, Ikbel *et al.* A Review of Natural Polysaccharides: Sources, Characteristics, Properties, Food, and Pharmaceutical Applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 2, p. 1322, 22 jan. 2024.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, maio 1976.

BRITO, SMO *et al.* Gastroprotective and cicatrizing activity of the *Ziziphus joazeiro* Mart. leaf hydroalcoholic extract. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 71, p. 429–436, jun. 2020.

CARVALHO, Natália Kelly Gomes De *et al.* Quantification of Phenolic Compounds by HPLC/DAD and Evaluation of the Antioxidant, Antileishmanial, and Cytotoxic Activities of Ethanolic Extracts from the Leaves and Bark of *Sarcomphalus joazeiro*

(Mart.). **Plants**, v. 14, n. 11, p. 1733, 5 jun. 2025a.

CARVALHO, Natália KellyGomes De *et al.* UPLC-PDA-ESI-QDA characterization and evaluation of the antioxidant and anxiolytic activities of the ethanolic extract of *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild leaves. **Pharmacological Research - Natural Products**, v. 7, p. 100223, jun. 2025b.

CAVALCANTI, Mônica Tejo *et al.* Obtenção da farinha do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) e caracterização físico-química. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 220-224, jun. 2011.

COSTA, Antônio Jason Gonçalves *et al.* Caracterização nutricional e tecnológica da farinha da polpa do fruto do Juazeiro. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, v. 3, n. 1, p. 115–129, nov. 2020.

CULP, Elizabeth J.; GOODMAN, Andrew L. Cross-feeding in the gut microbiome: Ecology and mechanisms. **Cell Host & Microbe**, v. 31, n. 4, p. 485–499, abr. 2023.

CUSUMANO, Gaia *et al.* The Impact of Antibiotic Therapy on Intestinal Microbiota: Dysbiosis, Antibiotic Resistance, and Restoration Strategies. **Antibiotics**, v. 14, n. 4, p. 371, 3 abr. 2025.

DA ROCHA, Thaís Silva *et al.* Vitamin C and Phenolic Antioxidants of Jua (*Ziziphus joazeiro* M.) Pulp: A Rich Underexplored Brazilian Source of Ellagic Acid Recovered by Aqueous Ultrasound-Assisted Extraction. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 627, 19 jan. 2022.

DA SILVA, Amanda Pereira; IACOMINI, Marcello; CORDEIRO, Lucimara M. C. Structural diversity of polysaccharides from soluble dietary fibers and seed mucilage of juá (*Ziziphus joazeiro*) fruit pulp. **Food Research International**, v. 222, p. 117707, dez. 2025.

DE CARVALHO, Natália Kelly Gomes *et al.* Bioactive Compounds and Biological Activities of *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild. **Chemistry & Biodiversity**, p. e00700, 13 jun. 2025.

DE SOUZA, Antônio Barros *et al.* Antibacterial activity and anxiolytic-like effect of *Ziziphus joazeiro* Mart. leaves in adult zebrafish (*Danio rerio*). **Fish and Shellfish**

Immunology Reports, v. 5, p. 100108, dez. 2023.

DI VINCENZO, Federica *et al.* Gut microbiota, intestinal permeability, and systemic inflammation: a narrative review. **Internal and Emergency Medicine**, v. 19, n. 2, p. 275–293, mar. 2024.

DIAS, Isabela Pereira *et al.* Effects of pressurized hot water extraction on the yield and chemical characterization of pectins from *Campomanesia xanthocarpa* Berg fruits. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 146, p. 431–443, mar. 2020.

DUBOIS, Michel. *et al.* Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1 mar. 1956.

FERNANDES, Flávio Gomes *et al.* A new plant-based probiotic from juá: Source of phenolics, fibers and antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 458, p. 140162, nov. 2024.

FROTA, Lucas Soares; MORAIS, Selene Maia De. Anti-Inflammatory Plants from Caatinga Biome. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 68, p. e25240205, 2025.

GAO, Xingyue *et al.* Comparative Study on the In Vitro Fermentation Characteristics of Three Plant-Derived Polysaccharides with Different Structural Compositions. **Foods**, v. 15, n. 1, p. 137, 2 jan. 2026.

GIBSON, Glenn R. *et al.* Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, n. 8, p. 491–502, ago. 2017.

HAUENSCHILD, Frank *et al.* Phylogenetic relationships within the cosmopolitan buckthorn family (Rhamnaceae) support the resurrection of *Sarcomphalus* and the description of *Pseudoziziphus* gen. nov. **TAXON**, v. 65, n. 1, p. 47–64, mar. 2016.

HE, Xiangxiang *et al.* High Viscosity Slows the Utilization of Rapidly Fermentable Dietary Fiber by Human Gut Microbiota. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 48, p. 19078–19087, 6 dez. 2023.

HOU, Kaijian *et al.* Microbiota in health and diseases. **Signal Transduction and Targeted Therapy**, v. 7, n. 1, p. 135, 23 abr. 2022.

JI, Jing *et al.* Probiotics, prebiotics, and postbiotics in health and disease. **MedComm**, v. 4, n. 6, p. e420, dez. 2023.

JI, Xiaolong *et al.* Structural Elucidation and Antioxidant Activities of a Neutral Polysaccharide From Arecanut (Areca catechu L.). **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 853115, 7 mar. 2022.

KAUFFMANN, Angélica Correa *et al.* Bioactive Compounds and antioxidant potencial of Rhamnidium elaeocarpum (Rhamnaceae). **Scientific Electronic Archives**, v. 18, n. 3, 22 abr. 2025.

KEI, Nelson *et al.* A mini-review on prebiotic inulin to prevent and treat non-alcoholic fatty liver disease. **Food Bioscience**, v. 61, p. 104679, out. 2024.

KHALIL, Mohamad *et al.* Unraveling the Role of the Human Gut Microbiome in Health and Diseases. **Microorganisms**, v. 12, n. 11, p. 2333, 15 nov. 2024.

KUMORO, Andri Cahyo *et al.* Unlocking the prebiotic carbohydrates: Insights into the types, preparation, health benefits and future utilizations of selected Indonesian exotic fruit seeds as a potential source of prebiotics. **Food Chemistry: X**, v. 27, p. 102471, abr. 2025.

LAI, Yong *et al.* In vitro fermentation characteristics and prebiotic activity of herbal polysaccharides: a review. **Frontiers in Nutrition**, v. 12, p. 1687766, 17 nov. 2025.

LATHAKUMARI, Rahul Harikumar *et al.* Antibiotics and the gut microbiome: Understanding the impact on human health. **Medicine in Microecology**, v. 20, p. 100106, jun. 2024.

LATIF, Anam *et al.* Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1216674, 17 ago. 2023.

LEANDRO, Giliel Rodrigues *et al.* Quality and safety of the Coalho cheese using a new edible coating based on the Ziziphus joazeiro fruit pulp. **Future Foods**, v. 4, p.

100089, dez. 2021.

LI, Danqi *et al.* Phytochemical and chemotaxonomic study on *Ziziphus Jujuba* Mill. (Rhamnaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 91, p. 104058, ago. 2020.

LI, Yixuan. Gut microbiota in the pathogenesis and treatment of inflammatory bowel disease: a critical review of mechanisms and therapeutic advances. **Frontiers in Medicine**, v. 13, p. 1738292, 24 fev. 2026.

LI, Yun-Feng *et al.* Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. **LWT**, v. 187, p. 115330, set. 2023.

LIU, Xiaoqi *et al.* Research advance about plant polysaccharide prebiotics, benefit for probiotics on gut homeostasis modulation. **Food Bioscience**, v. 59, p. 103831, jun. 2024.

MELO, Janieli De Oliveira *et al.* A Caatinga: Um bioma exclusivamente brasileiro. **Ciência e Cultura**, v. 75, n. 4, 2023.

NASCIMENTO, Karen Rebouças *et al.* Exploring Bioactive Polysaccharides in Edible Fruits: A Cross-Biome Perspective. **Plants**, v. 14, n. 22, p. 3515, 18 nov. 2025.

NIU, Wei *et al.* Polysaccharides from natural resources exhibit great potential in the treatment of ulcerative colitis: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 254, p. 117189, fev. 2021.

OLIVEIRA, Ítalo; MORAIS, Gláucia; LEMOS, Maria. Risco de disbiose intestinal em pacientes hospitalizados. **BRASPEN Journal**, v. 36, n. 2, p. 157–164, 2021.

OLIVEIRA, Priscila Mayara de Lima *et al.* Juá fruit (*Ziziphus joazeiro*) from Caatinga: A source of dietary fiber and bioaccessible flavanols. **Food Research International**, v. 129, p. 108745, mar. 2020.

RINNINELLA, Emanuele *et al.* What is the Healthy Gut Microbiota Composition? A Changing Ecosystem across Age, Environment, Diet, and Diseases. **Microorganisms**, v. 7, n. 1, p. 14, 10 jan. 2019.

SAFARCHI, Azadeh *et al.* Understanding dysbiosis and resilience in the human gut microbiome: biomarkers, interventions, and challenges. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1559521, 4 mar. 2025.

SANTOS, Dayane Kelly Dias Do Nascimento *et al.* Pectin-like polysaccharide extracted from the leaves of *Conocarpus erectus* Linnaeus promotes antioxidant, immunomodulatory and prebiotic effects. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 26, p. 100263, nov. 2021.

SANTOS, Ramon Junior; SILVA, Aderbal. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAL DO FRUTO DO JUAZEIRO (*Ziziphus joazeiro* MART.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 299–310, 20 jun. 2017.

SCHOULTZ, Ida *et al.* Gut microbiota development across the lifespan: Disease links and health-promoting interventions. **Journal of Internal Medicine**, v. 297, n. 6, p. 560–583, jun. 2025.

SHI, Liting *et al.* Polysaccharides in fruits: Biological activities, structures, and structure-activity relationships and influencing factors-A review. **Food Chemistry**, v. 451, p. 139408, set. 2024.

SILVA, Francisca Crislândia Oliveira *et al.* Structural characterization and in vitro gut microbiota fermentation of a polysaccharide extracted from *Cenostigma nordestinum* gum. **Carbohydrate Polymers**, v. 363, p. 123738, set. 2025.

SLAVIN, Joanne. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1417–1435, 22 abr. 2013.

SMOLINSKA, Sylwia; POPESCU, Florin-Dan; ZEMELKA-WIACEK, Magdalena. A Review of the Influence of Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, and Postbiotics on the Human Gut Microbiome and Intestinal Integrity. **Journal of Clinical Medicine**, v. 14, n. 11, p. 3673, 23 maio 2025.

SNODGRASS, Jacob L.; VELAYUDHAN, Bisi T. Butyrate-Producing Bacteria as a Keystone Species of the Gut Microbiome: A Systemic Review of Dietary Impact on Gut–Brain and Host Health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 27, n. 3, p. 1289, 28 jan. 2026.

SOMMACAL, Heloisa Martins; HAWERROTH, Heloísa. Prevalência de disbiose intestinal e sua relação com doenças crônicas não transmissíveis em adultos de Santa Catarina. 10 maio 2024.

SONG, Yating *et al.* Recent insights into *Hericium erinaceus* polysaccharides: Gastrointestinal, gut microbiota, microbial metabolites, overall health and structure-function correlation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 311, p. 144013, jun. 2025.

SOUZA, Marthyna *et al.* Polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. **Chemical Papers**, v. 64, n. 4, 1 jan. 2010.

SOUZA, Zion N.; CÓRDULA, Carolina R.; CAVALCANTI, Isabella M. F. The potential usage of Caatinga natural products against multi-drug-resistant bacteria. **Fitoterapia**, v. 172, p. 105752, jan. 2024.

SUBHASH, Athira Jayasree *et al.* A comprehensive review on structural, chemical, and functional perspectives of dietary polysaccharide-driven gut microbiota modulation: Mechanisms and challenges. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v. 46, p. 102575, jun. 2026.

SWANSON, Kelly S. *et al.* The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 17, n. 11, p. 687–701, nov. 2020.

THU DAO, Thi Anh; WEBB, Hayden K.; MALHERBE, François. Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method: Conventional versus microwave-assisted heating. **Food Hydrocolloids**, v. 113, p. 106475, abr. 2021.

WANG, Xiao-Fang *et al.* The Therapeutic Potential of Plant Polysaccharides in Metabolic Diseases. **Pharmaceuticals**, v. 15, n. 11, p. 1329, 27 out. 2022.

WANG, Yuying *et al.* New Horizons in Probiotics: Unraveling the Potential of Edible Microbial Polysaccharides through In Vitro Digestion Models. **Foods**, v. 13, n. 5, p. 713, 26 fev. 2024.

YE, Zheng *et al.* Structural Elucidation of a Novel Pectic Polysaccharide from *Zizyphus jujuba* cv. Muzao, a Potential Natural Stabiliser. **Plants**, v. 15, n. 1, p. 59, 24 dez. 2025.

YOU, Siyong *et al.* The promotion mechanism of prebiotics for probiotics: A review. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 1000517, 5 out. 2022.

ZHANG, Juanhong *et al.* The interplay of plant polysaccharide structure, gut microbiota metabolism, and host health: Mechanisms and perspectives. **Life Sciences**, v. 395, p. 124383, jun. 2026.

ZHANG, Qingfeng *et al.* gutMEGA: a database of the human gut MEtaGenome Atlas. **Briefings in Bioinformatics**, v. 22, n. 3, p. bbaa082, 20 maio 2021.

ZOU, Xiaoqin *et al.* Purification, Characterization and Bioactivity of Different Molecular-Weight Fractions of Polysaccharide Extracted from Litchi Pulp. **Foods**, v. 12, n. 1, p. 194, 1 jan. 2023.