

IDENTIFICAÇÃO DOS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM EXTRATOS DE *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH

Filipe Bovolín Reis¹, João Kazlauckas¹, Paulo Roberto H. Moreno¹

1 – Instituto de Química, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP

filipe.bovolin@usp.br

Resumo: Os bambus são plantas versáteis com aplicações em áreas como construção civil, artesanato, conservação de alimentos e agricultura. Na América Latina, destaca-se a espécie nativa *Guadua angustifolia* Kunth. Foram preparados extratos etanólicos por meio de extração contínua em Soxhlet, seguidos de fracionamentos e subfracionamentos. As amostras foram analisadas por Cromatografia em Camada Delgada (CCD), Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjo de Diodos (CLAE-DAD), com o objetivo de identificar compostos com atividades antioxidante e inibitória da tirosinase. Foram identificados 24 compostos, incluindo vitexina e ácido *p*-cumárico, os quais podem estar associados às atividades mencionadas para *G. angustifolia*.

Palavras-chave: *Guadua angustifolia*, antioxidante, atividade anti-tirosinase, flavonoides, compostos fenólicos.

Isolation and identification of secondary metabolites in extracts of Guadua angustifolia Kunth

Abstract: Bamboos are versatile plants with applications in various fields such as civil construction, handicrafts, food preservation, and agriculture. In Latin America, are many native species, among them *Guadua angustifolia* Kunth. Ethanolic extracts were prepared using the Soxhlet apparatus followed by fractionation and subfractionation. Thin Layer Chromatography (TLC), Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS), High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection (HPLC–DAD) analyzed the samples to identify compounds with antioxidant and anti-tyrosinase activities. 24 compounds were recorded, including vitexin and *p*-coumaric acid which can be responsible for the antioxidant and anti-tyrosinase activities found in *G. angustifolia*.

Keywords: *Guadua angustifolia*, antioxidant, anti-tyrosinase activity, flavonoids, phenolic compounds.

Introdução

Os bambus são plantas amplamente valorizadas na cultura asiática por suas diversas aplicações como na engenharia civil, na agricultura, na produção de papel e artesanato.¹ Na medicina tradicional chinesa, são empregados no tratamento de hipertensão, problemas cardiovasculares, dores de cabeça e febres.²⁻⁵ Estudos recentes evidenciam as propriedades biológicas em espécies asiáticas.⁶

Na América Latina, há uma grande diversidade de espécies nativas, com o Brasil abrigando aproximadamente 32,5% delas, distribuídas em 50 gêneros e 254 espécies.⁷⁻⁹ Dentre essas destaca-se *Guadua angustifolia* Kunth, descrita inicialmente como *Bambusa guadua* Humb. e Bonp, mas renomeada em 1822 por Kunth.¹⁰ Estudos recentes indicam que colmos e folhas dessa espécie apresentam compostos fenólicos e flavonoides em teores moderados, que podem ser responsáveis por atividades antioxidante e anti-tirosinase encontradas nessa espécie.¹¹

Compostos antioxidantes são amplamente utilizados na indústria alimentícia para retardar a degradação de alimentos.¹² Radicais causam estresse oxidativo, resultante do desbalanceamento entre pró-oxidantes e antioxidantes.^{13,14} Atualmente, há um grande interesse na busca de antioxidantes de origem natural para substituir os sintéticos utilizados na indústria farmacêutica e cosmética.¹² Compostos com essa atividade são importantes pois inibem o ataque de radicais livres em estruturas de DNA e RNA.

A enzima tirosinase catalisa a conversão da tirosina em dopaquinona, intermediário essencial na biossíntese da melanina. Assim, está relacionada tanto ao escurecimento de alimentos, quanto na hiperpigmentação da pele.¹⁵ Agentes inibidores dessa enzima podem ser utilizados na indústria cosmética para homogeneização da pele. Compostos fenólicos, como o ácido *p*-cumárico e flavonoides, são reconhecidos sua capacidade inibitória da tirosinase e seu potencial antioxidante.

O objetivo deste trabalho foi isolar e identificar compostos presentes em *G. angustifolia* que possam estar associados às atividades antioxidante e anti-tirosinase, com ênfase nos flavonoides e compostos fenólicos.

Experimental

Material vegetal

As folhas e colmos de *Guadua angustifolia* Kunth foram coletadas no dia 11 de abril de 2017 na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento (UPD) de Tatuí-SP, Brasil (23° 17' 4.000'' S 47° 53' 58.000'' W) vinculada a Agência Paulista de Tecnologia de Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento. O material vegetal recolhido foi então identificado pelo Dr. Tarcísio Filgueiras do Instituto de Botânica de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil). Uma amostra testemunha foi depositada no Herbário dessa mesma instituição sob o número Moreno 600.

Preparo do extrato

As folhas e os colmos de *G. angustifolia* foram separados e triturados em um liquidificador. Os pequenos pedaços e pó obtidos foram acondicionados em um envelope de papel. O envelope vazio foi previamente pesado para cálculo do rendimento. O método de extração foi o de extração contínua em aparelho de Soxhlet com álcool 70%. Após a extração, o solvente foi evaporado sob pressão reduzida com auxílio de um rotaevaporador.

Fracionamento do extrato

Com o extrato bruto pesado, essa amostra foi submetida à extração sólido-líquido com solventes de polaridades crescentes (hexano, clorofórmio, acetato de etila e *n*-butanol). A extração foi realizada com auxílio de agitação eletromagnética, repetindo o processo por quatro vezes. Os solventes foram eliminados sob pressão reduzida em rotaevaporador.

Cromatografia em Coluna (CC)

A fração de clorofórmio das folhas (FFClo) foi submetida a uma coluna de cromatografia, visto que esta obteve maior desempenho em estudos anteriores de outras espécies de bambus em relação à atividade antioxidante e anti-tirosinase.

Em uma coluna de vidro com diâmetro 4 cm, colocou-se 39,90 g de sílica gel, preenchendo até 7,5 cm de altura, que corresponde a um volume de 94 mL. Em seguida, foi homogeneizado cerca de 500 mg da amostra com clorofórmio e 1 g de sílica. O clorofórmio utilizado foi secado em chapa de aquecimento.

A sequência de eluentes utilizada foi: Clorofórmio – Hexano 1:1; Clorofórmio 100%; Clorofórmio – Metanol 95:5; Clorofórmio – Metanol 90:10; Clorofórmio – Metanol 80:20; Clorofórmio – Metanol 70:30; Clorofórmio – Metanol 50:50; Metanol 100%.

Para cada mistura de solvente foram realizadas três eluições de 90 mL, totalizando 270 mL em cada etapa. As frações foram secas para cálculo de rendimento.

Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

As frações foram testadas com diversos eluentes para CCD, dentre eles: Clorofórmio – Acetona – Ácido Fórmico (8:1:1 v/v); Clorofórmio 100%; Acetato de Etila – Ácido Fórmico – Ácido Acético Glacial – Etilmetilcetona – Água (50:7:3:30:10 v/v); Clorofórmio – Hexano (1:1 v/v); Tolueno – Éter Dietílico – Ácido Acético (6:4:1 v/v).

Foi preparado também o reagente para visualização de flavonoides e fenólicos NP/PEG.¹⁶

A fração com melhor separação de bandas foi comparada com um padrão de naringina.

Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM)

Após o fracionamento feito, dissolveu-se 1 mg de cada fração usando 1 mL de metanol. As soluções foram armazenadas em frascos para cromatografia.

As amostras foram analisadas em um cromatógrafo a gás Shimadzu (GC-2010 Ultra), acoplado ao espectrômetro de massas com sistema quadrupolo de mesma marca. A energia de ionização 70 eV. A coluna capilar utilizada foi a DB-5 (30 m x 0,25 mm de ID x 0,25 µm de DF) nas seguintes condições: temperatura inicial de 100 °C e gradiente de temperatura do forno de 10 °C/min até 290 °C. A temperatura final foi mantida por 15 minutos. Hélio (He) foi usado como gás de arraste a uma pressão de 80 kPa e velocidade linear de 1 mL/min.

A identificação dos compostos voláteis foi realizada através da comparação dos índices de retenção¹⁷ e espectros de massas obtidos com as bibliotecas instaladas no equipamento (NIST 08/Willey 2014) e com a literatura.¹⁸

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjo de Diodos (CLAE-DAD)

Os extratos foram solubilizados usando metanol, as frações (com exceção da fração de hexano) foram solubilizadas com seus respectivos solventes e as subfrações foram solubilizadas usando metanol. A concentração final das soluções eram de, aproximadamente, 1 mg/mL. Os extratos, as frações e as subfrações foram analisadas por CLAE-DAD.

A análise foi realizada em coluna C18 (4,6 x 150 mm) com partículas de 3,5 µm (Zorbax Eclipse Plus C18), célula de fluxo de 60 mm, com visualização nos comprimentos de onda $\lambda = 352, 280, 254, 325, 215$ e 255 nm. A fase móvel escolhida foi ácido acético a 0,1 % e acetonitrila, com fluxo de injeção de 1 mL/min a 45 °C, volume de injeção 3,0 µL. Utilizou-se o gradiente de fase móvel da seguinte maneira: 0-6 min (10% acetonitrila), 6-7 min (10 a 15% acetonitrila), 7-22 min (15% acetonitrila), 22-32 min (15 a 50% acetonitrila), 32-42 min (50 a 100% acetonitrila), 42-50 min (100% acetonitrila). Como essa técnica permite identificação apenas de grupos cromóforos e classes químicas, os resultados foram comparados com uma série de padrões injetados e dados da literatura para atribuição de compostos nível 2.¹⁹

Resultados e Discussão

Rendimento dos extratos e das frações

Os extratos brutos de folhas e colmos de *G. angustifolia* apresentaram um rendimento de 11,7 e 6,7%, respectivamente. Na Tabela 1 há a massa do material seco, a massa após a extração e o rendimento de cada uma das partes. Como o rendimento também depende da composição do material vegetal, o extrato bruto advindo das folhas possui maior concentração e/ou variedade de compostos^{20,21}; isso ocorre porque os colmos são constituídos por material lignificado, possuindo uma menor quantidade de compostos extraíveis.

Tabela 1 – Rendimento dos extratos brutos das folhas e colmos de *G. angustifolia*.

Parte da planta	Material seco moído (g)	Massa do extrato bruto (g)	Rendimento (%)
Folhas	44,19	5,17	11,71
Colmos	42,89	2,86	6,67

Na Tabela 2, são mostradas as massas obtidas de cada fração e os rendimentos em relação ao seu extrato. Os maiores rendimentos são, tanto para as folhas quanto para os colmos, os da fração clorofórmica. Em estudos anteriores, partições de acetato de etila e *n*-butanol dos colmos não apresentaram altos desempenhos em relação à atividade antioxidante e anti-tirosinase.¹¹

Tabela 2 – Rendimento das frações obtidas a partir dos extratos das folhas e colmos de *G. angustifolia*.

Amostra	Massa da fração (g)	Rendimento (%)
FCHex	0,0074	0,26
FCClo	0,1400	4,90
FFHex	0,1312	2,54
FFClo	0,4490	8,68
FFAcEt	0,0950	1,84
FFBut	0,0640	1,24

FCHex – Fração Colmo Hexânica, FCClo – Fração Colmo Clorofórmica, FFHex – Fração Folha Hexânica, FFClo – Fração Folha Clorofórmica, FFAcEt – Fração Folha Acetato de Etila, FFBut – Fração Folha Butanólica.

Rendimento das subfrações feitas por Cromatografia em Coluna (CC)

A fração clorofórmica das folhas foi subsequente fracionada em uma coluna, visto que esta obteve maior desempenho em estudos anteriores de outras espécies de bambus em relação à atividade antioxidante e anti-tirosinase. Na tabela 3, são listados a composição de cada subfração, sua massa após a cromatografia e o rendimento em relação à fração. As subfrações que demonstraram maiores rendimentos foram as SF3 e SF7 (15,41 e 10,62%, respectivamente), enquanto as que demonstraram menores rendimentos foram as SF1, SF4 e SF6 (1,60, 1,58 e 0,49%, respectivamente).

Tabela 3 – Rendimento das subfrações de *G. angustifolia* feitas a partir da fração clorofórmica das folhas.

Subfração	Composição (proporção v/v)	Massa (g)	Rendimento (%)
SF1	Clorofórmio – Hexano 1:1	0,0072	1,60
SF2	Clorofórmio	0,0290	6,46
SF3	Clorofórmio – Metanol 95:5	0,0692	15,41
SF4	Clorofórmio – Metanol 90:10	0,0071	1,58
SF5	Clorofórmio – Metanol 80:20	0,0222	4,94
SF6	Clorofórmio – Metanol 70:30	0,0022	0,49
SF7	Clorofórmio – Metanol 50:50	0,0477	10,62
SF8	Metanol	0,0254	5,66

Análise das frações por Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

A presença de compostos fenólicos e flavonoides foi primeiramente avaliada por CCD. Nesse método, dos sistemas propostos, o que demonstrou melhor eficiência em separação de compostos foi o sistema “Clorofórmio – Acetato de Etila – Ácido Fórmico (8,5:1:1 v/v)”.

Na figura (1a), é possível visualizar os perfis cromatográficos das frações de hexano (H), clorofórmio (C), *n*-butanol (B) e acetato de etila (A) lado a lado. Na figura ao lado (1b), é possível visualizar o mesmo perfil da fração de acetato de etila após a nebulização do reagente NP/PEG. Todas as placas foram visualizadas em luz ultravioleta 365 nm.

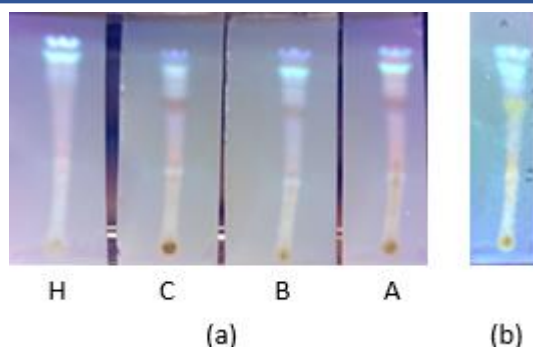


Figura 1 – Perfis cromatográficos antes (a) e depois (b) da aplicação do revelador NP/PEG em luz ultravioleta 365 nm.

Ao comparar os perfis cromatográficos, nota-se a presença comum de duas bandas azul e ciano (R_f 0,82 e 0,76 respectivamente) que tiveram suas cores intensificadas após a nebulização do NP/PEG, evidenciando a presença de compostos fenólicos. As frações acetato de etila, clorofórmio e *n*-butanol apresentam bandas roxas escuro (R_f 0,63) que reagem com o NP/PEG gerando regiões verde. Bandas que apresentam as cores amarela, verde ou azul após a reação com NP/PEG podem representar flavonoides.

Como a fração acetato de etila apresentou maior resolução cromatográfica, esta foi analisada junto com um padrão de naringina sob os sistemas: Tolueno – Éter Dietílico – Ácido Acético (6:4:1 v/v) (Figura 2a), Tolueno – Éter Dietílico (7:3 v/v) (Figura 2b) e Tolueno – Éter Dietílico – Ácido Acético – Acetona (120:80:20:1 v/v) (Figura 2c), evidenciando uma banda azul em comum (R_f 0,43 calculado para o sistema A). Na figura 2, é possível ver os resultados das placas cromatográficas. Apesar de ter coeluído parte da amostra, ter tido o fenômeno de arraste e o padrão não ter eluído completamente, há presença de uma banda em comum entre o padrão e a amostra, podendo indicar a presença de naringina.

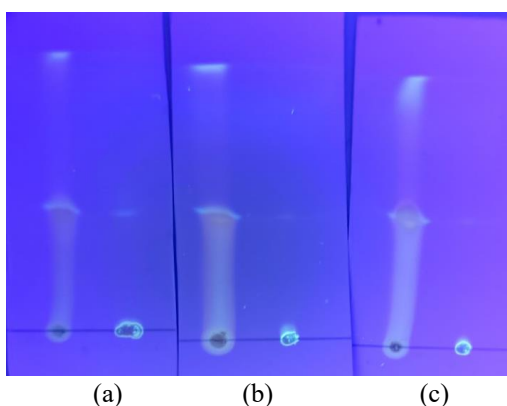


Figura 2 – Revelação, em UV, da fração acetato de etila e padrão de naringina em sistemas A [Tolueno – Éter Dietílico – Ácido Acético (6:4:1 v/v)], B [Tolueno – Éter Dietílico (7:3 v/v)] e C [Tolueno – Éter Dietílico – Ácido Acético – Acetona (120:80:20:1 v/v)].

A análise por CCD evidenciou a presença de compostos fenólicos e flavonoides, confirmada pela coloração característica após a revelação com NP/PEG. As frações de acetato de etila e clorofórmio apresentaram melhor separação de bandas, com indícios da presença de naringina.

Análise das frações por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM)

As frações clorofórmica, acetato de etila e *n*-butanólica obtidas das folhas, bem como a fração clorofórmica dos colmos, foram submetidas à análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). As frações hexânicas foram excluídas da análise, uma vez que estudos prévios indicaram ausência de compostos com atividade antioxidante ou inibitória da tirosinase significativa. Por meio da CG-EM, foram identificados 17 compostos distintos. Adicionalmente, foram detectados ftalatos, os quais não foram considerados na interpretação dos resultados por serem comumente associados à contaminação proveniente de materiais plásticos, como embalagens plásticas ou plastificantes. O cromatograma correspondente à fração clorofórmica foliar encontra-se representado na Figura 3. Os compostos anotados, juntamente com os respectivos índices de retenção calculados (IR), os índices de retenção reportados na literatura (IR_{Lit}) e as áreas relativas (A), estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Compostos anotados, por CG-EM, nas frações de colmos e folhas de *G. angustifolia*.

Composto	IR	IR _{Lit}	A _{FFCl_o} (%)	A _{FFAcEt} (%)	A _{FFBut} (%)	A _{FCCl_o} (%)
3-hidróxicarbo-furano	1728	1890 ^b	0,83	0,16	1,23	-
6,10,14-trimetilpentadecan-2-ona	1826	1830 ^a	2,86	2,14	2,81	1,48
ácido palmítico	1946	1957 ^a	3,76	0,67	1,08	-
álcool cerílico	2878	2852 ^a	5,03	1,11	3,77	-
clionasterol	3321	3290 ^a	1,51	0,42	1,46	-
colestetona	3363	3245 ^a	-	-	-	0,31
di-hidrofitol	2677	2537 ^a	0,73	-	0,74	0,54
diisobutil ftalato*	1859	1865 ^a	0,42	0,22	0,55	2,29
diisooctil ftalato*	2539	2545 ^a	0,76	1,11	27,49	2,61
estearato de metila	2111	2123 ^a	-	-	-	0,34
estigmasterol	3266	3249 ^a	0,74	-	-	-
heptacosanol	3082	3016 ^a	4,27	-	2,24	-
heptadecanoato de etila	1979	2077 ^a	0,78	0,46	0,68	-
hexadecanoato de metila	1911	1910 ^a	-	2,48	3,27	0,51
isofitol	2101	2278 ^a	1,78	1,03	1,95	-
neofitadieno	1818	1806 ^a	1,23	0,99	1,40	-
pentadecanal	1866	1731 ^a	0,79	0,50	0,68	-
pentatriacotano	3489	3500 ^b	1,86	-	-	-
triacotano	3286	3300 ^c	3,12	-	-	-
Total			30,47	11,29	49,35	8,08

IR – Índice de Retenção; IR_{Lit} – Índice de Retenção da Literatura (NIST; WILEY; ADAMS, 2007); A – Área Relativa. ^a Valores da literatura (NIST); ^b Valores da literatura (Wiley); ^c Valores da literatura (ADAMS¹⁷). * Contaminação. AFFCl_o: Fração clorofórmio Folhas; AFFAcEt: Fração acetato de etila Folhas; AFFBut: Fração *n*-butanol Folhas; AFCCl_o: Fração clorofórmio Colmos.

O ácido palmítico (Figura 4a) é um ácido graxo saturado de cadeia longa e estrutura linear. Este composto foi identificado em todas as frações analisadas das folhas, evidenciando sua ampla distribuição no material vegetal. Estudos indicam que o ácido palmítico atua como inibidor da enzima prostaglandina-E9-redutase no metabolismo das plantas, além de apresentar atividade antiviral contra o HIV-1,²² sugerindo seu potencial farmacológico em contextos terapêuticos.

Dentre os compostos identificados, destacam-se o clionasterol (Figura 4b), presente em todas as frações foliares; o estigmasterol (Figura 4c), detectado exclusivamente na fração clorofórmica das folhas; e a colestetona (Figura 4d), encontrada apenas na fração clorofórmica dos colmos. O clionasterol, também conhecido como γ -sitosterol, é um fitoesterol com reconhecidas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, atuando na inibição da geração de espécies reativas de oxigênio (ROS), da peroxidação lipídica e da produção de óxido nítrico. Tais mecanismos contribuem para a prevenção de danos cutâneos induzidos por material particulado atmosférico, que promove estresse oxidativo e apoptose celular.²³ O estigmasterol, igualmente pertencente à classe dos fitoesteróis, apresenta atividade antioxidante, sendo mais conhecido por sua capacidade de reduzir os níveis de colesterol plasmático e hepático, além de induzir apoptose em células hepáticas tumorais humanas.²⁴ A colestetona, por sua vez, é um esteroide da classe dos colestanoídeos, com ação terapêutica potencial no tratamento da obesidade, por reduzir o acúmulo de colesterol hepático, e por atuar como inibidor de processos metastáticos.^{25,26}

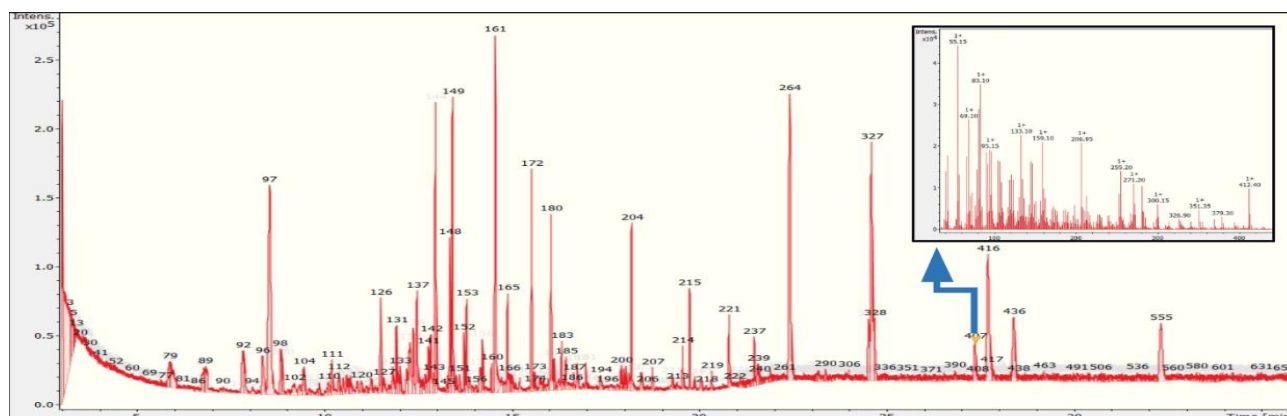


Figura 3 – Cromatograma de íons totais obtido por CG-EM da fração clorofórmica foliar e o espectro de massas do estigmasterol.

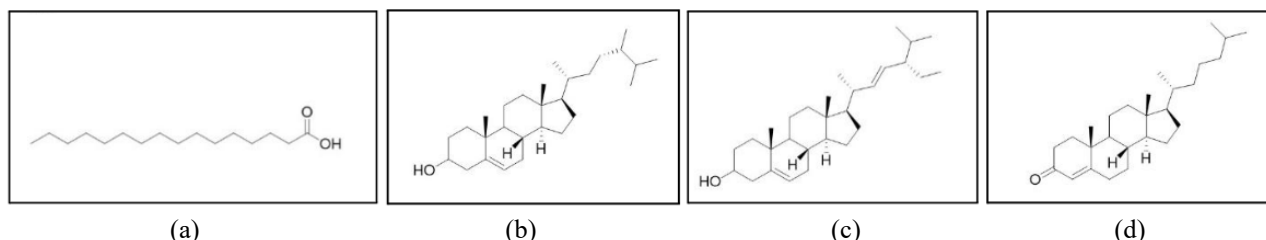


Figura 4 – Estruturas química do (a) ácido palmítico, (b) clionasterol, (c) estigmasterol e (d) colestetona.

Análise das amostras por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjo de Diodos (CLAE-DAD)

As análises por CLAE-DAD permitiram anotar sete compostos adicionais, incluindo cinco flavonoides e dois fenilpropanoídicos. Na Figura 5a, é destacado um trecho do cromatograma da SF7, onde pode ser visto o espectro UV e a estrutura do ácido *p*-cumárico em comparação com o padrão injetado (Figura 5b). Os compostos anotados são listados na Tabela 5.

O ácido *p*-cumárico é um composto fenólico com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anti-tirosinase. Ele foi constatado em estudos anteriores de *G. angustifolia* e *Guadua chacoensis* (Rojas Acosta) Londoño & P.M. Peterson utilizando o mesmo método.^{11,27} Esse ácido fenilpropanoídico é encontrado em altas concentrações em plantas, pois é um precursor essencial na biossíntese de flavonoides. Ele é convertido em ácido cinâmico pela enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), que inicia essa via biossintética, resultando em diferentes flavonoides.

A isoquercetina (Figura 6), identificada por CLAE-DAD, é um flavonoide pertencente à classe das quercetinas 3-*O*-glicosídicas. Este composto apresenta reconhecidas atividades antioxidante e inibitória da enzima tirosinase. No entanto, sua principal aplicação terapêutica está relacionada à prevenção de eventos tromboembólicos — condição caracterizada pela migração de um trombo do local de origem para outro segmento do sistema vascular, resultando em obstrução do fluxo sanguíneo, isquemia tecidual e potenciais danos a órgãos-alvo.²⁸

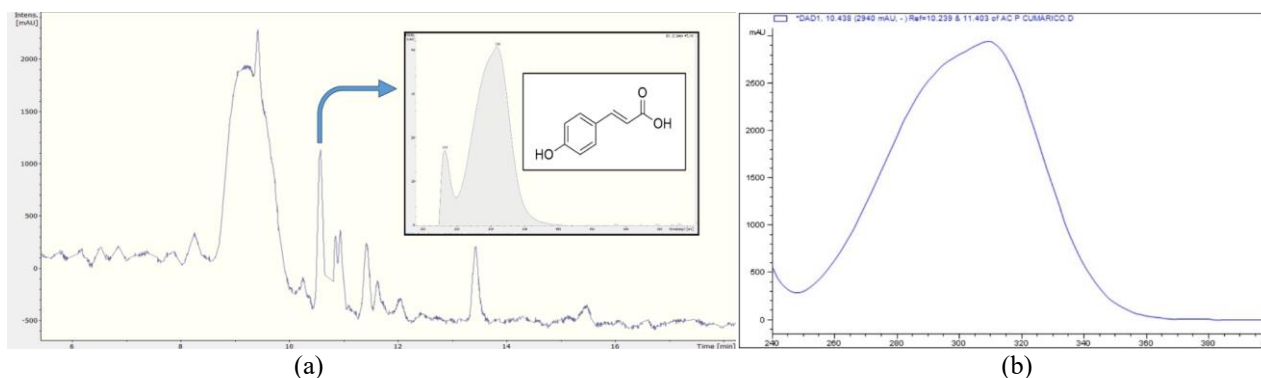


Figura 5 – (a) Cromatograma da subfração SF7 por CLAE-DAD, medido de 200 nm à 600 nm, e os espectro UV e estrutura do ácido *p*-cumárico. (b) Espectro UV do padrão injetado de ácido *p*-cumárico.

Tabela 5 – Compostos anotados em *G. angustifolia* por CLAE-DAD.

Composto	Amostra	Tempo de Retenção (min)
ácido ferúlico	SF3	12,70
ácido <i>p</i> -cumárico	SF3, SF4, SF5, SF6 e SF7	10,58
caempferol-3- <i>O</i> - β -rutinosídeo	SF7	17,30
epicatequina	SF3	7,70
isoquercetina	EF	14,10
orientina	SF5	11,00
vitexina	EF	13,45

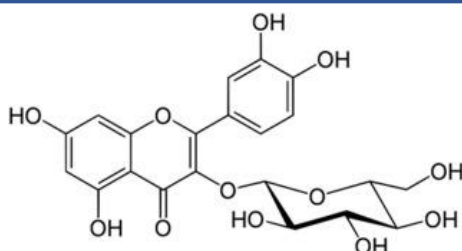


Figura 6 – Estrutura do flavonoide isoquercetina.

Conclusões

Neste estudo, foram identificados 24 compostos presentes nas folhas e colmos de *G. angustifolia*, incluindo fitoesteróis, flavonoides e ácidos fenólicos. Dentre os compostos anotados, destacam-se a vitexina, a isoquercetina e o ácido *p*-cumárico, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e pela capacidade de inibir a atividade da enzima tirosinase. O flavonoide naringina não foi contabilizado neste estudo por conta da falta de resolução cromatográfica. A presença desses metabólitos secundários reforça o potencial bioativo da espécie, sugerindo aplicações promissoras nas indústrias farmacêutica e cosmética, especialmente no desenvolvimento de produtos com ação antioxidante e despigmentantes. Os resultados obtidos contribuem para o conhecimento fitoquímico de *G. angustifolia* e abrem perspectivas para estudos futuros voltados à validação biológica e ao aproveitamento sustentável de seus extratos.

Referências

1. Hsiung, W.; *The Journal of the American Bamboo Society* 1991, 8, 168.
2. Lu, B. et al.; *Food and chemical toxicology* 2005, 43, 783.
3. Patwardhan, B. et al.; *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* 2005, 2, 465.
4. Vairappan, C. S. et al.; *Journal of tropical biology and conservation* 2015, 12, 127.
5. Wróblewska, K. B.; Oliveira, D. C. S. de; Grombone-Guaratini, M. T.; Moreno, P. R. H.; *In Pharmacognosy - Medicinal Plants*; IntechOpen, 2018.
6. Friedman, J. H.; *The Annals of Statistics* 1991, 19, 1.
7. Bystriakova, N. et al.; International Bamboo and Rattan Organization, UNEP-WCMC/INBAR 2004.
8. Londoño, X.; *The Journal of the American Bamboo Society* 1998, 12, 37.
9. Parma, D. F. et al.; *Phytotaxa* 2016, 267, 219.
10. Soderstrom, T. R.; Londoño, X.; *American Journal of Botany* 1987, 74, 27.
11. Oliveira, D. C. S. de; *Composição química e atividades biológicas de extratos de Guadua angustifolia Kunth* 2019, 99.
12. Shebis, Y.; *Food and Nutrition Sciences* 2013, 4, 643-9.
13. Mangialasche, F. et al.; *Ageing Research Reviews* 2009, 8, 285.
14. Valko, M.; Rhodes, C. J.; Moncol, J.; Izakovic, M.; Mazur, M.; *Chemico-Biological Interactions* 2006, 160, 1.
15. Silvério, M. D. O. et al.; *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 2013, 15, 59.
16. Wagner, H.; Bladt, S. *Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas*; Springer: Berlin, Heidelberg, 1996.
17. Dool, V. D.; Kratz, P. D.; *Journal of Chromatography* 1963, 11, 463.

-
18. Adams, R. P.; Chicago: *Allured Publishing Corporation* **2007**.
 19. Sumner, Lloyd W. et al. *Metabolomics*, v. 3, n. 3, p. 211-221, **2007**.
 20. Gupta, A. et al.; *International Journal of Applied and Natural Sciences*, **2012**, 1.
 21. Macwan, C.; Patel, M.; Kalia, K.; *Semantic Scholar* **2010**.
 22. Lin, X. et al.; *PubMed* **2011**.
 23. Liyanage, N. M.; Nagahawatta, D. P.; Jayawardena, T. U.; Jayawardhana, H. H. a. C. K.; Lee, H.-G.; Kim, Y.-S.;
 24. Kim, Y.-S. et al.; *BMB Rep* **2014**, 47, 433. [<https://doi.org/10.5483/BMBRep.2014.47.8.153>]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24286323>
 25. Ma, J.; Fu, G et al.; *Cell Death Dis* **2016**, 7, e2372. [<https://doi.org/10.1038/cddis.2016.281>]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27899819>.
 26. Higuchi, M. et al.; *Metabolites* **2024**, 14, 321. [<https://doi.org/10.3390/metabo14060321>]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/38921456>.
 27. Nunes, F. A.; *Composição química e atividades biológicas de extratos e frações de Guadua chacoensis (Rojas) Londoño & P.M. Peterson* **2020**, 99.
 28. “Isoquercetin”. Acesso em 23 de outubro de 2025. <https://go.drugbank.com/drugs/DB12665>.