

Caracterização físico-química e espectroscópica de extratos de *Lippia grata* com potencial para síntese verde de nanomateriais

Ruth B. Andrade^{1*}, Alessandra R. Oliveira¹, Keurison F. Magalhães¹, Suely S. L. Castro¹, Cynthia C. Albuquerque²

¹Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica (LEQA).¹

*ruthbatista@alu.uern.br

²Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas (LFBP).²

Resumo/Abstract

RESUMO - A utilização de produtos naturais tem ganhado destaque em processos sustentáveis, como a síntese verde de nanomateriais com potencial catalítico. Extratos vegetais podem atuar como catalisadores em diferentes aplicações. A *Lippia grata*, planta endêmica do Brasil, possui notáveis propriedades farmacológicas. Este trabalho teve como objetivo caracterizar os extratos do pó seco e das folhas de *Lippia grata*, visando à posterior utilização em síntese por combustão, na produção de carbon dots e outros tipos de nanomateriais. Foram preparados extratos aquoso, hidroalcoólico e hexânico. Para isso, foram realizadas análises de UV-Vis, fluorescência, FTIR, TG e testes fitoquímicos. As técnicas permitiram identificar flavonoides, carotenóides, clorofila, compostos fenólicos, taninos, alcaloides e saponinas, além de grupos funcionais e diferenças na estabilidade térmica. Esses compostos, ricos em carbono, reforçam o potencial da *Lippia grata* como fonte natural para a obtenção de nanomateriais com aplicações catalíticas.

Palavras-chave: produtos naturais, análises espectroscópicas, fluorescência, fitoquímicos, clorofila.

ABSTRACT - The use of natural products has gained prominence in sustainable processes, such as the green synthesis of nanomaterials with catalytic potential. Plant extracts can act as catalysts in different applications. *Lippia grata*, a plant endemic to Brazil, has remarkable pharmacological properties. The aim of this work was to characterize extracts of the dried powder and leaves of *Lippia grata*, with a view to their subsequent use in combustion synthesis, in the production of carbon dots and other types of nanomaterials. Aqueous, hydroalcoholic and hexanic extracts were prepared. UV-Vis, fluorescence, FTIR, TG and phytochemical tests were carried out. The techniques identified flavonoids, carotenoids, chlorophyll, phenolic compounds, tannins, alkaloids and saponins, as well as functional groups and differences in thermal stability. These carbon-rich compounds reinforce the potential of *Lippia grata* as a natural source for obtaining nanomaterials with catalytic applications.

Keywords: natural products, spectroscopic analysis, fluorescence, phytochemicals, chlorophyll.

Introdução

As plantas são classificadas como precursores verdes e bastante utilizados para a síntese de nanomateriais. Estudos revelam a utilização de extratos derivados de plantas em síntese de nanomateriais, como carbon dots, obtendo nanomateriais com características estruturais e fotofísicas satisfatórias,^{1, 2, 3, 4} e para síntese desses materiais pode ser utilizado o método de reação por combustão, que se mostra eficiente, além de sustentável.⁵

Produtos de origem natural, São bastante utilizados pela humanidade, em função de suas vastas propriedades farmacológicas. Entre esses produtos, destacam-se as plantas, que exercem um papel de alta relevância em diversos estágios da sociedade, evidenciado pela grande quantidade de espécies espalhadas em diversas regiões do Brasil e do mundo.^{6, 7} Estudos recentes destacam a utilização de plantas na síntese verde, especialmente na produção de carbon dots, materiais promissores que podem ser utilizados como catalisadores, e oferecem alternativas sustentáveis para detecção de poluentes nocivos, além de contribuir com a redução da poluição ambiental.^{8,9}

Abundante na caatinga, *Lippia grata*, é uma planta endêmica do Brasil, conhecida como alecrim-do-mato, alecrim-da-chapada, alecrim-de-tabuleiro ou alecrim-de-vaqueiro. Trata-se de um arbusto altamente aromático, de caule ramificado, podendo atingir cerca de 2 metros de altura. Possui crescimento expressivo, que ocorre em função de condições naturais favoráveis ao seu desenvolvimento.¹⁰ Amplamente utilizada na medicina popular, em função de suas notáveis propriedades farmacológicas, associados à sua composição química. De acordo com Costa (2019), os extratos provenientes do gênero *Lippia* apresentam utilização em diversos tratamentos a saúde, validando a importância estudos voltados para essa espécie.

Estudos envolvendo diferentes espécies desse gênero, revelam a presença de compostos fenólicos, flavonoides, terpenos e taninos.^{13, 14, 15} Em particular, pesquisas realizadas com o óleo essencial da *Lippia grata*, demonstram atividades biológicas significativas, como propriedades atinocéticas e anti-inflamatórias. Além disso, estudos indicam que os compostos majoritários presentes nos óleos essenciais dessa espécie são o p-cimeno, carvacrol, timol e γ-terpineno.^{16, 17}

Diversas técnicas analíticas podem ser empregadas para identificação de compostos em plantas e produtos naturais, sendo cada composto importante para o entendimento de suas propriedades químicas ou biológicas. Entre essas técnicas, as análises espectroscópicas destacam-se como ferramentas fundamentais para identificação de compostos, permitindo a identificação de substâncias, bem como, deduções sobre a composição química de determinada amostra.¹⁸

Diante da alta relevância dos produtos naturais em função de suas propriedades relevantes e utilização na síntese de nanomateriais é fundamental a presença de estudos que os explorem, em vista disso, torna-se importante estudar plantas como a *Lippia grata*. Assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar os extratos aquoso, hidroalcolólico e hexânico das folhas frescas e do pó seco das folhas da *Lippia grata*, visando a determinação de suas propriedades para posterior utilização em síntese verde.

Experimental

Coleta e preparo do material.

As folhas da *Lippia grata* foram coletadas no Campus Central da universidade, no período da manhã. Após a coleta, as folhas foram separadas e lavadas em água corrente pelo menos três vezes. Em seguida, essas folhas foram transferidas para secar em papel absorvente por 48 horas em temperatura ambiente. Uma parte dessas folhas foi reservada para análise imediata. O restante foi adicionado a papel Kraft e submetido a secagem em estufa com circulação forçada a 40° C por 120 horas. Após esse processo, as folhas foram maceradas e trituradas em liquidificador até obtenção de um pó seco fino do material.

Obtenção dos extratos.

Foram preparados três extratos a partir da *Lippia grata*: aquoso, hidroalcolólico e hexânico. Os extratos foram obtidos pelo método de maceração, utilizando-se a mesma proporção da planta para todos os solventes. Inicialmente, os extratos foram obtidos a partir das folhas frescas, posteriormente, do pó seco das folhas.

Para o extrato aquoso, pesaram-se 40 g das folhas, adicionadas a 200 mL de água ultrapura. No preparo do extrato hidroalcolólico, utilizaram-se 40 g das folhas, adicionadas a uma mistura 1:1(v/v) de solventes, composta por 100 mL de água ultrapura e 100 mL de álcool etílico. Para o extrato hexânico, optou-se por reduzir a quantidade de solvente devido a sua toxicidade, utilizando-se 20 g das folhas e 100 mL de hexano. A extração foi seguida por maceração em temperatura ambiente por 72 horas contínuas, mantidos em repouso na capela com ausência de luz.

Após a obtenção, os extratos foram filtrados utilizando um sistema de filtração simples. Em seguida, foram transferidos para frascos âmbar e mantidos em geladeira. Para caracterização desses extratos foram utilizadas as

seguintes técnicas: Espectroscopia de Absorção UV-Vis, Espectroscopia de Emissão e Excitação de Fluorescência, Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), testes fitoquímicos e análise Termogravimétrica (TG).

Espectroscopia de Absorção UV-Vis.

Os espectros de absorção UV-Vis foram obtidos utilizando o espectrofotômetro Cary 50 (Varian), operando na faixa de 200 a 800 nm. Para as análises, utilizou-se uma cubeta de quartzo com duas faces polidas e caminho óptico de 10 mm.

Inicialmente, os extratos aquoso, hidroalcolólico e hexânico foram diluídos utilizando seus respectivos solventes: água ultrapura, solução hidroalcolólica (água ultrapura:álcool etílico, 1:1 v/v) e hexano. As diluições foram preparadas nas proporções de 1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:200 e 1:1000. Foram obtidos espectros de absorção tanto das soluções diluídas quanto dos extratos puros.

Espectroscopia de Excitação e Emissão de Fluorescência.

Os mapas de contorno de fluorescência foram obtidos utilizando o Espectrofluorímetro Fluoromax Plus. A varredura de excitação foi realizada entre 250 e 500 nm, a emissão foi registrada entre 300 e 800 nm, utilizando uma lâmpada de halogênio de 150 W. Para as análises, utilizou-se uma cubeta de quartzo com quatro faces polidas e caminho óptico de 10 mm.

Os extratos foram diluídos utilizando as mesmas proporções empregadas nas análises de UV-Vis, realizada apenas a diluição 1:100, de acordo com o solvente correspondente a cada extrato.

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier.

As análises de FTIR com módulo ATR foram realizadas no equipamento Cary 630 da Agilent. As análises foram realizadas na faixa espectral de 4000 – 650 cm⁻¹.

Os espectros de FTIR foram obtidos a partir de amostras da folha e do pó seco das folhas da *Lippia grata*.

Análise Termogravimétrica.

As análises Termogravimétricas (TG) foram realizadas utilizando uma termobalança TG/DSC Netzsch modelo STA 449 F3 Jupiter. As condições experimentais incluíram fluxo contínuo de N₂ com vazão de 60 mL/min, taxa de aquecimento de 10 °C por minuto de 30 a 900°C.

Os espectros de TG foram obtidos a partir de amostras das folhas frescas e do pó seco das folhas da *Lippia grata*.

Testes Fitoquímicos.

Os extratos foram submetidos ao ensaio fitoquímico utilizando a metodologia adaptada de Kloss (2016). Foram

identificados os seguintes grupos de metabólitos secundários: alcalóides, flavonóides, taninos e saponinas.

A presença dos alcalóides foi investigada por meio dos testes de Dragendorff, Mayer e Wagner. Em quatro tubos de ensaio, identificados para cada reagente e o branco, foram adicionados 2 mL do extrato e 2 mL de HCl 10%. Os tubos foram aquecidos durante 10 minutos em banho maria, retirados do aquecimento e postos a resfriar na estante para tubos de ensaio. Após resfriamento, em cada tubo foi adicionado 3 gotas dos reagentes de Dragendorff, Mayer e Wagner, exceto no branco. O teste foi realizado em duplicata e a formação de precipitado indica a presença de alcalóides.

Para a identificação de flavonóides e taninos, o reagente utilizado foi o Cloreto de Ferro (III). Em dois tubos de ensaio foram adicionados 2 mL do extrato, identificados como FeCl₃ e branco, em seguida, adicionadas duas gotas do reagente no tubo identificado, a presença de flavonóides é comprovada com mudança na coloração para verde escuro.

Para identificação de saponinas, em dois tubos de ensaio foram adicionados 2 mL do extrato e 5 mL de água destilada, em seguida, foram aquecidos em banho maria durante 10 minutos e postos a resfriar. Após o resfriamento, os tubos foram agitados, a identificação de bolhas caracteriza a presença de saponinas no extrato.

Resultados e Discussão

Espectroscopia de Absorção UV-Vis.

Os espectros de absorção UV-Vis estão presentes nas imagens 1, 2 e 3. A Figura 1 mostra os espectros de absorção UV-Vis obtidos para as soluções diluídas do extrato aquoso da *Lippia grata*, preparados a partir do pó seco e folhas da planta. Observa-se nos espectros, a presença de bandas na faixa de absorção entre 250 e 700 nm.

Na região entre 250 e 400 nm nota-se uma banda discreta, atribuída a presença de compostos fenólicos, especialmente flavonóides, essa faixa é característica das transições eletrônicas $\pi \rightarrow \pi^*$ desses compostos, que geralmente são localizados entre 270 e 380 nm, indicando sua presença nos espectros analisados, podendo ser relacionado também a compostos carotenóides.^{20, 21}

As bandas observadas entre 650 e 700 nm, também de maneira discreta, podem ser atribuídas a clorofila, que é um composto típico de folhas verdes.²² Ambos os extratos apresentam baixa intensidade nas bandas de absorção, o que pode estar relacionado a polaridade do solvente utilizado.²³

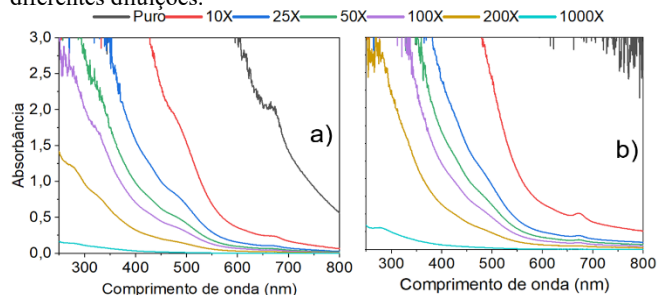
Na Figura 2, temos os espectros de absorção UV-Vis das soluções diluídas do extrato hidroalcoólico da *Lippia grata*, preparados utilizando uma solução 1:1 de água ultrapura e etanol. Observa-se que as bandas presentes nesses espectros são semelhantes as observadas no extrato aquoso, indicando a presença de compostos comuns entre os extratos. No

entanto, é possível notar maior intensidade de absorção nas bandas do extrato hidroalcoólico, refletindo maior eficiência do solvente utilizado para extração dos compostos.

Na Figura 3 são apresentados os espectros de absorção UV-Vis para os extratos hexânicos, nos quais apresentam bandas intensas entre 380 e 500 nm e 600 e 700 nm.

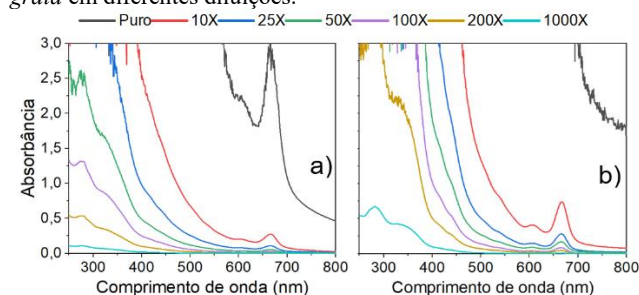
As bandas presentes entre 380 e 500 nm correspondem a sobreposição de bandas característica de compostos carotenóides, compreendendo o β -caroteno. Essa absorção está relacionada a presença de longas cadeias com duplas ligações conjugadas, molécula altamente polar. Essas bandas promovem as transições eletrônicas dos orbitais $\pi \rightarrow \pi^*$ da cadeia.²⁰

Figura 1. Espectros de Absorção UV-Vis para o extrato aquoso das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* em diferentes diluições.



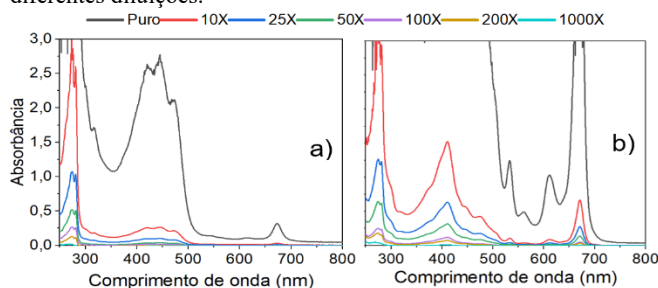
Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Figura 2. Espectros de Absorção UV-Vis para o extrato hidroalcoólico das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* em diferentes diluições.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Figura 3. Espectros de Absorção UV-Vis para o extrato hexânico das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* em diferentes diluições.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

A extração dos compostos carotenóides se mostrou eficiente no extrato hexânico, devido à similaridade entre as polaridades dos compostos e solvente, observando-se maior intensidade nesse pico para o extrato do pó seco das folhas. Na faixa de 600 a 700 nm, observa-se a presença de bandas atribuídas a clorofila. Essas bandas são mais intensas no extrato hexânico obtido do pó seco das folhas da *Lippia grata*.

A presença de bandas discretas ou intensas nas regiões específicas dos espectros ofereceram informações relevantes sobre a composição química dos extratos.

Espectroscopia de Excitação e Emissão de Fluorescência.

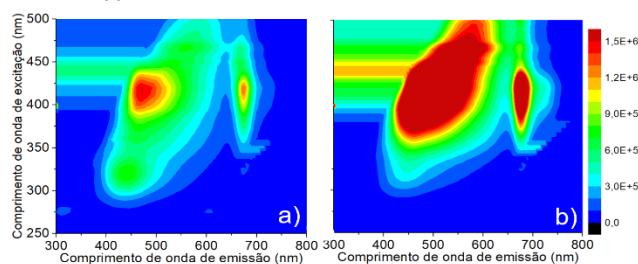
Os mapas de contorno para os extratos obtidos para o pó seco e folhas da *Lippia grata* estão presentes nas Figuras 4, 5 e 6, apresentando as intensidades de excitação e emissão de fluorescência.

As intensidades de emissão estão presentes na faixa entre 300 e 800 nm para todos os espectros. Os espectros apresentam alta intensidade na faixa de emissão entre 400 e 500 nm. Estudos feitos por Mukai *et al.* (2011), comprovam que os compostos flavonoides são fluorescentes, e apresentam essa fluorescência na faixa exibida, constatando a presença desses compostos nos extratos obtidos nesse estudo.

Ainda, se observa alta intensidade na faixa de 650 e 700 nm nos espectros de fluorescência, o que confirma a presença da clorofila nos extratos analisados. Estudos realizados por Magalhães *et al.*, (2014) e Moreira *et al.*, (2010), também relatam a emissão de clorofila nessa faixa espectral, corroborando com os resultados obtidos.

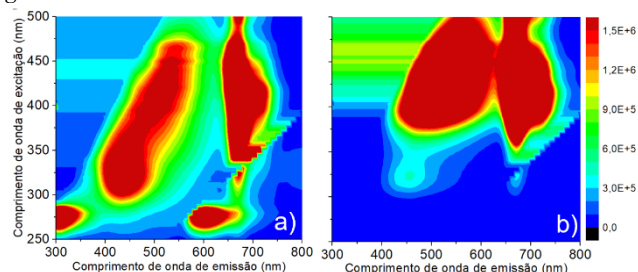
Com base nos espectros, é possível perceber que, para o extrato hidroalcoólico, a intensidade de fluorescência dos compostos flavonoides é maior que comparado aos demais extratos. Em relação a clorofila, sua presença é mais significativa nos extratos hidroalcoólicos e hexânicos, embora ainda seja detectada no extrato aquoso, porém em menor intensidade. Os resultados obtidos nessa corroboram com os dados da espectroscopia de absorção UV-Vis, evidenciando a eficácia dessas análises.

Figura 4. Mapas de contorno de fluorescência para o extrato aquoso das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* diluídos 100x.



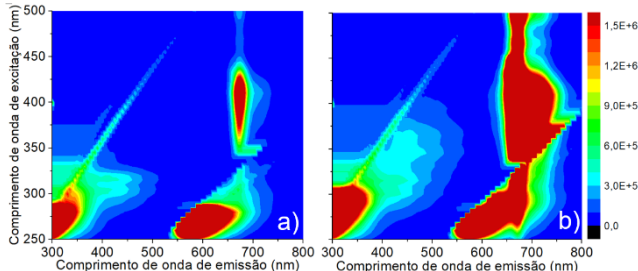
Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Figura 5. Mapas de contorno de fluorescência para o extrato hidroalcoólico das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* diluídos 100x.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Figura 6. Mapas de contorno de fluorescência para o extrato hexânico das (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* diluídos 100x.



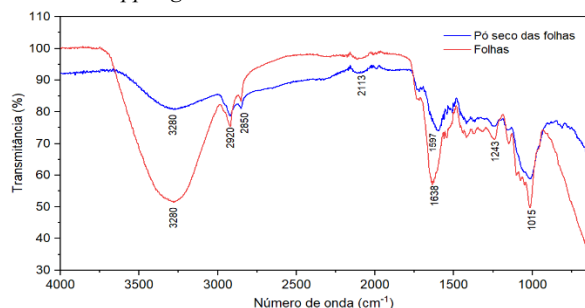
Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier.

A Figura 7 mostra o espectro das folhas e pó seco da *Lippia grata*, nele são observadas bandas em diversos comprimentos de onda, as quais estão relacionadas diretamente aos modos vibracionais das ligações moleculares dos constituintes químicos presentes na planta.

A banda observada em 3280 cm^{-1} para ambos os espectros é atribuída ao estiramento da ligação O-H, devido a ligações de hidrogênio intermoleculares, correspondente a álcool, fenol ou água, sendo característica de espécies vegetais. Observa-se a diminuição dessa banda para o pó seco das folhas, relacionada ao processo de secagem em estufa dessa amostra. As bandas de menor intensidade encontradas em 2920 e 2850 cm^{-1} estão relacionadas ao alongamento C-H de metil, metileno e metano.²⁷ Em relação as bandas na região de 1638 e 1597 cm^{-1} correspondem ao alongamento do grupo carbonila C=O de compostos ácidos. Os picos identificados em 1243 cm^{-1} indicam a presença de estiramentos vibracionais C-O de álcoois.^{28,29,30}

Figura 7. Espectro de FTIR-ATR para a folha e pó seco das folhas da *Lippia grata*.



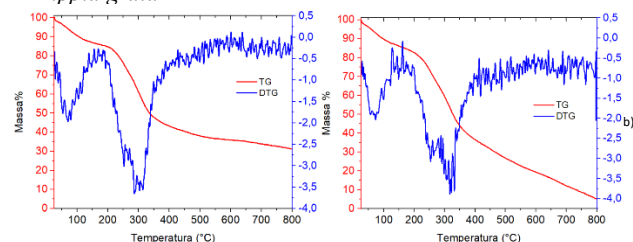
Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Para os espectros do pó seco e das folhas da *Lippia grata* não foi observado mudança no número onda, exceto a intensidade das frequências das amostras. Destacando as bandas com maior intensidade presente no espectro das folhas. Os grupos funcionais majoritários identificados no espectro de FTIR são compatíveis com espécies de compostos frequentemente presentes no gênero *Lippia*.

Análise Termogravimétrica.

O comportamento térmico de uma amostra está relacionada a seus componentes, que se decompõem em temperaturas diferentes, e com isso apresentam eventos distintos nas curvas de TG/DTG. A Figura 8 apresenta as curvas de TG/DTG para o pó seco e as folhas da *Lippia grata* nas condições descritas no item Experimental. Na Tabela 1 encontram-se os dados obtidos nas curvas para as amostras.

Figura 8. Curvas TG/DTG do (a) folhas e do (b) pó seco das folhas da *Lippia grata* em atmosfera inerte.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Tabela 1. Dados obtidos das curvas TG/DTG do pó seco e das folhas da *Lippia grata* em atmosfera inerte.

Amostra	Evento	T (°C)	Perda de massa (%)
Pó seco	A	30 – 120	5 – 10%
	B	200 – 350	20 – 25%
	C	350 – 800	15 – 20%
Folhas	A	30 – 120	5 – 10%
	B	200 – 360	20 – 25%
	C	360 – 800	15 – 20%

Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Foi possível identificar a presença de quatro eventos nas curvas de TG/DTG. O primeiro deles é relacionado a perda de umidade do material, em temperaturas próximas a 100°C. O segundo evento, que está em temperaturas de 200 e 500°C, são referentes a degradação de compostos fenólicos, bem como a decomposição da celulose. O terceiro evento pode ser identificado como decomposição da lignina, que possui alta estabilidade térmica devido a presença de compostos fenólicos em sua estrutura.^{31, 32}

Testes Fitoquímicos.

Os testes fitoquímicos revelaram a presença de alcalóides, flavonóides, taninos e saponinas nos extratos, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos testes fitoquímicos realizados para os extratos da *Lippia grata*.

Constituintes testados	Extrato aquoso	Extrato hidroalcoólico
Alcalóides	+	+
Flavonóides	+	+
Taninos	+	+
Saponinas	+	+

Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Os resultados desse estudo correspondem a resultados presentes em estudos realizados para plantas do gênero *Lippia*, sugerindo que os compostos detectados fazem parte da composição química típica dessa planta.^{33, 34, 35}

Esses constituintes fitoquímicos, são os compostos químicos orgânicos presentes nas plantas, responsáveis pela função biológica, distribuição natural, metabolismo e biossíntese das plantas.³⁶ Esses testes contribuem para a caracterização inicial dos extratos e fortalecem a interpretação dos dados obtidos em análises anteriores.

Conclusão

Diante do exposto, a partir das técnicas aplicadas nesse estudo, foi possível identificar compostos presentes nos extratos aquoso, hidroalcoólico e hexânico do pó seco e das folhas da *Lippia grata*. As análises de UV-Vis indicaram a presença de flavonóides, carotenóides e clorofila. Os mapas de contorno de fluorescência identificam a presença de carotenóides, clorofila e compostos fenólicos, cujas intensidades variam de acordo com polaridade específica de cada solvente utilizado. A espectroscopia FTIR permitiu a identificação de grupos funcionais relevantes, enquanto a análise de TG evidenciou as diferenças na estabilidade térmica das amostras. O teste fitoquímico confirmou a presença de compostos como flavonoides, alcaloides, taninos e saponinas. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a composição química da *Lippia grata*,

destacando seu papel como precursor natural para produção de nanomateriais em síntese verde. A presença dos compostos químicos destacados favorecem sua aplicação na obtenção de carbon dots, pois são compostos ricos em carbonos em suas estruturas, que podem ser, posteriormente, utilizados como catalisadores.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e ao Laboratório de Eletroquímica de Química Analítica (LEQA) pelo apoio e suporte essenciais para o desenvolvimento deste estudo. Ao Laboratório de Catálise Ambiente e Materiais (LACAM) da UERN e ao Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Economia de Baixo Carbono (NPCO2) da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA) pela parceria nas análises.

Referências

1. A. Dos Santos *et al.*, Scientia Plena, v. 16, n. 2, 2020.
2. N. Omar *et al.*, Nanomaterials, v. 12, n. 14, p. 2365, 2022.
3. A. Mewada *et al.*, Materials science & engineering. C, Materials for biological applications, v. 33, n. 5, p. 2914–2917, 2013.
4. S. Betteni *et al.*, The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces, v. 128, n. 15, p. 6180–6188, 2024.
5. A. Da Silva *et al.*, IX Encontro Técnico de Materiais e Química Rio de Janeiro - 22 e 23 novembro 2017.
6. C. B. Da Silva *et al.*, Diversitas Journal, 2 (1), 52-55, 2017.
7. P. M. Leite; L. M. Camargos; R. O. Castilho, European journal of integrative medicine, v. 41, n. 101270, p. 101270, 2021.
8. G. Venkatesan; G. Sathiyang, Trends in environmental analytical chemistry, v. 46, n. e00259, p. e00259, 2025.
9. J. Liu *et al.*, Environmental research, v. 274, p. 121350, 2025.
10. L. De Medeiros *et al.*, Agropecuária Científica no Semiárido, v. 20, n. 1, p. 66-68, 2024.
11. P. Costa *et al.*, Hoehnea, v. 44, p. 158-171, 2017.
12. S. Costa, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
13. V. Moraes *et al.*, Revista da Sociedade Brasileira de Química, v. 28, p. 1335-1340, 2017.
14. J. Segoviano-León *et al.*, Food chemistry, v. 467, n. 142259, p. 142259, 2024.
15. R. Shahhoseini, Biochemical systematics and ecology, v. 104, n. 104459, p. 104459, 2022.
16. C. Albuquerque *et al.*, Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v. 14, n. 1, p. 26–33, 2012.
17. R. Ragagnin *et al.*, Acta Botanica Brasilica, v. 28, p. 346-351, 2014.
18. D. Casoni; S. Cobzac; I. Simion. Journal of Analytical Science and Technology, v. 15, n. 1, p. 17, 2024.
19. L. Kloss *et al.*, South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, v. 3, n. 2, 2016.
20. S. Cardoso, Química nova, v. 20, p. 535-540, 1997.
21. R. Silva, Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 15, p. 717-726, 2013.
22. A. Maestrin *et al.*, Química Nova, v. 32, p. 1670-1672, 2009.
23. A. Altemimi *et al.*, Plants, v. 6, n. 4, p. 42, 2017.
24. R. Mukai *et al.*, Determinação da localização subcelular de flavonol em células cultivadas por varredura a laser. Londres: IntechOpen, 2011.
25. K. Magalhães *et al.*, Fuel (London, England), v. 119, p. 120–128, 2014.
26. L. Moreira *et al.*, Química Nova, v. 33, p. 258-262, 2010.
27. O. Adelaja *et al.* International Journal of Energy and Water Resources, v. 3, n. 1, p. 1–12, 2019.
28. J. Silva, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.
29. W. Lopes; M. Fascio, Química nova, v. 27, p. 670-673, 2004.
30. C. Grisi *et al.*, Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e945975224-e945975224, 2020.
31. M. Oliveira, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2020.
32. T. Emiola-Sadiq; L. Zhang; A. Dalai, ACS omega, v. 6, n. 34, p. 22233-22247, 2021.
33. U. Cedeño *et al.*, Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, v. 8, n. 1, p. 47-59, 2021.
34. Y. Wasihun; T. Adraro; S. Ali, APJEE, v. 1, n. 1, p. 45-53, 2014.
35. E. Vélez *et al.*, Revista Ciencia UNEMI, v. 12, n. 29, p. 9-19, 2019.
36. A. Harborne in *Phytochemical Methods A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. springer science & business media, New York, 1998; Vol. 3, 1-302.

¹ ruthbatista@alu.uern.br