

A IMPORTÂNCIA DE ESTRATÉGIAS DE BANCADA COMO FORMA DE AUXILIAR AS PESQUISAS SOBRE COMPOSTOS BIOATIVOS AMAZÔNICOS: UMA ABORDAGEM SOBRE A LUZ NEGRA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n5-436>

Data de submissão: 30/04/2025

Data de publicação: 30/05/2025

Nathiel Sarges Moraes

Mestrando em Ciências e Meio Ambiente / Recursos Naturais e Sustentabilidade
Universidade Federal do Pará (UFPA)
nathiel.sed1@gmail.com
0000-0002-4727-0951
<http://lattes.cnpq.br/0983469366916167>

Lorena Coelho de Oliveira

Jornalista
Universidade Federal do Pará (UFPA)
lorenaoliveira12@gmail.com
0000-0002-4187-9328
<http://lattes.cnpq.br/2806316512193766>

Maria Jaqueline Bailão Silva

Mestranda em Ciências e Meio Ambiente / Recursos Naturais e Sustentabilidade
Universidade Federal do Pará (UFPA)
jaquebio.js@gmail.com
0000-0003-1593-1118
<http://lattes.cnpq.br/7283276788012294>

Fabrine Silva Alves

Doutora em Inovações Farmacêuticas
Universidade Federal do Pará (UFPA)
fafabine@yahoo.com.br
0000-0002-6602-1942
<http://lattes.cnpq.br/9307249703523710>

Aila Teixeira Castelo Branco

Graduanda em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará (UFPA)
ailacastelobranco@gmail.com
0009-0002-2271-4285
<http://lattes.cnpq.br/0558740571503426>

Fernanda Letícia Araújo Silva

Graduanda em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará (UFPA)
fernanda.silva0403@gmail.com
0009-0001-7293-5978
<http://lattes.cnpq.br/3004265274967948>

Nylton Ferreira Maciel
Doutorando em Inovações Farmacêuticas Universidade Federal do Pará (UFPA)
nylton@ufpa.br
0000-0002-8767-7676
<http://lattes.cnpq.br/6600664019057088>

José de Arimateia Rodrigues do Rego
Professor Doutor em Química
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: jr2rego@gmail.com

RESUMO

A identificação de compostos bioativos em matrizes vegetais amazônicas representa um desafio metodológico, especialmente em contextos laboratoriais com restrições técnicas e financeiras. Este artigo, derivado de uma dissertação de mestrado em Ciência do Meio Ambiente pela Universidade Federal do Pará (PPGCMA/UFPA), investiga o uso da luz negra/*blacklight* (UV-A) como estratégia de bancada para a triagem qualitativa de metabólitos secundários como antocianinas, cumarinas, alcaloides e compostos lipossolúveis presentes em extratos naturais amazônicos. A pesquisa foi conduzida por meio de experimentação em laboratório, com foco na fluorescência emitida por extratos de *Euterpe oleracea Mart.*, *Piper nigrum*, *Banisteriopsis caapi* e *Dipteryx odorata*. quando expostos à radiação UV. Utilizando metodologias de extração, como maceração e prensagem a frio, e observações visuais da fluorescência, foi possível identificar padrões ópticos característicos de compostos como harmalina, piperina e óleo de açaí. O referencial teórico baseou-se em estudos internacionais sobre fluorescência de compostos bioativos (JAIN; MENGHANI; JAIN, 2007; YOSHIOKA et al., 2013). Os resultados confirmam a eficácia da luz negra como ferramenta acessível para triagem preliminar de compostos bioativos, demonstrando seu potencial para apoiar pesquisadores em formação e otimizar processos analíticos em ambientes de pesquisa com recursos limitados.

Palavras-chave: Compostos bioativos amazônicos. Luz negra. Estratégias de bancada.

1 INTRODUÇÃO

A busca por compostos bioativos tem se intensificado nas últimas décadas devido à versatilidade no emprego a diversas aplicações, como a farmacêutica, a alimentícia e a cosmética. Os flavonoides e carotenoides, por exemplo, são amplamente estudados por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e fotoprotetoras (SMITH et al., 2023). No entanto, a identificação e caracterização desses compostos ainda representam um desafio, especialmente em laboratórios com infraestrutura menor e/ou limitada. Neste contexto, o uso de estratégias de bancada acessíveis e eficazes torna-se essencial para otimizar processos de extração e análise de compostos bioativos.

Este artigo é construído a partir de uma literatura multidisciplinar que consolida o uso da luz ultravioleta (UV), UV-A/Luz negra/*Blacklight* – 254 a 365 nm, em diversos campos científicos e nas empirias realizadas no Laboratório de Engenharia Química (LEQ) da Universidade Federal do Pará (UFPA), sendo as atividades ocorridas durante o decurso do Mestrado Acadêmico em Ciências e Meio Ambiente (PPGCMA/UFPA). O objetivo é explorar as interações práticas entre a luz negra e cinco compostos bioativos observadas durante experimentos laboratoriais, para demonstrar a importância de estratégias de bancada como suporte para pesquisas – abordando sua aplicabilidade na identificação, caracterização e otimização de processos extractivos. Os compostos estudados são a piperina (*Piper nigrum*), harmalina (*Banisteriopsis caapi*), antocianina e óleo de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) e cumarina (*Dipteryx odorata*). A pesquisa se fundamenta na necessidade de métodos acessíveis que possibilitem a triagem eficiente de substâncias bioativas, contribuindo para a democratização do conhecimento científico e o avanço das pesquisas.

A aplicação do UV tem se consolidado como uma técnica científica válida e amplamente utilizada para potencializar e estudar compostos bioativos em diversas áreas do conhecimento. Na indústria alimentícia, por exemplo, a irradiação pós-colheita de tomates com luz UV e diodos emissores de luz (LED) demonstrou aumentar significativamente o conteúdo de compostos bioativos durante o armazenamento refrigerado, indicando uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos (BAENAS et al., 2021). Além disso, a exposição de microalgas e macroalgas à radiação UV e UV-visível revelou-se uma alternativa promissora para a produção de fotoprotetores e compostos biomédicos, evidenciando o potencial da técnica na biotecnologia marinha (ARAÚJO et al., 2022).

No campo da horticultura, estudos internacionais demonstraram que a suplementação de luz UV-A e LED azul profundo influencia positivamente o crescimento e as respostas bioquímicas de cultivares de *perilla* verde e vermelha (mentas), sugerindo aplicações potenciais na agricultura para melhorar a qualidade das plantas (NGUYEN; OH, 2022). De forma semelhante, a suplementação dos

espectros UV-B e UV-C em cultivares de alface afetou as propriedades antioxidantes e a atividade fotossintética das plantas, indicando que a manipulação da luz UV pode ser uma ferramenta útil para otimizar características nutricionais e fisiológicas em culturas agrícolas (SKOWRON; TROJAK; PACAK, 2024). Esses exemplos destacam a relevância científica e a ampla aplicabilidade da luz negra como uma técnica eficaz no estudo e aprimoramento de compostos bioativos em diferentes disciplinas.

Dessa forma, a fluorescência induzida por luz negra (UV) surge como uma técnica extremamente viável nesse cenário devido à facilidade de manuseio e baixo custo. A interação da luz UV com determinadas moléculas bioativas pode resultar em emissão de fluorescência, o que permite a detecção visual rápida de compostos fluorescentes em extratos naturais (JONES et al., 2022). Flavonoides e carotenoides, por possuírem sistemas conjugados de duplas ligações, com frequência exibem fluorescência característica sob luz UV, possibilitando sua identificação preliminar sem a necessidade de equipamentos analíticos sofisticados.

Além da identificação, a luz negra pode ser empregada para avaliar a eficácia dos processos de extração de compostos bioativos. Estudos recentes demonstram que a intensidade e o perfil da fluorescência variam conforme o solvente utilizado e as condições de extração, tornando a técnica um indicativo qualitativo da eficiência do método empregado (SMITH et al., 2023). Dessa forma, a fluorescência UV não apenas facilita a detecção de compostos bioativos, mas também contribui para a padronização e otimização de métodos extrativos.

Outro ponto relevante é a importância das estratégias de bancada no apoio a pesquisadores em início de carreira. Ferramentas acessíveis e de baixo custo, como a luz negra, permitem que estudantes e cientistas com recursos limitados possam desenvolver estudos relevantes, realizar testes preliminares e validar metodologias antes da aplicação de técnicas analíticas mais avançadas. Assim, essas estratégias desempenham um papel essencial na formação de novos pesquisadores e na expansão do conhecimento sobre compostos bioativos.

2 METODOLOGIA

A metodologia consistiu na extração de compostos a partir de cinco matrizes naturais amazônicas, com destaque para o açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), objeto da pesquisa do mestrado em Ciências e Meio Ambiente (PPGCMA/UFPA) e amplamente conhecido por seu alto teor de antocianinas, flavonoides e outros antioxidantes. As amostras foram de pimenta-do-reino preta (*Piper nigrum*), vinda de Igarapé-Açu (PA), de onde foi extraída a piperina; cipó mariri (*Banisteriopsis caapi*), vindo de Marituba (PA), de onde foi extraída a harmalina; açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) (fruta), vindo de Igarapé Miri (PA), de onde foi extraída a antocianina; açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) (polpa), vindo

de Abaetetuba (PA), de onde foi extraído o óleo de açaí; e o cumaru (*Dipteryx odorata*), vindo de Oeiras do Pará (PA), de onde foi extraída a cumarina. Com exceção do óleo de açaí¹, todas foram submetidas a extração utilizando solventes como etanol, metanol e água, em diferentes proporções e condições experimentais. Posteriormente, os extratos foram expostos à luz negra (comprimento de onda entre 380–420 nm) em ambiente escuro para observação da fluorescência emitida, buscando identificar compostos que apresentassem resposta visual significativa sob excitação UV.

Os materiais utilizados incluíram (1) refletor de luz negra deltrônica com lâmpada LED UV 254-365 nm, tubos de ensaio, bêquer, *erlenmeyer*, micropipetas, (400ml para cada 300g de material) solução extratora de ETANOL PA e amostras vegetais *in natura*. A análise foi feita visualmente, com registros fotográficos e anotações sobre a intensidade, tonalidade e estabilidade da fluorescência observada. O açaí, neste contexto, foi utilizado tanto pela sua relevância regional quanto pela sua conhecida riqueza em compostos fenólicos, servindo como matriz modelo para validação da técnica de detecção por luz negra. A escolha pela luz UV como ferramenta analítica se deu pela sua eficácia percebida durante os experimentos: compostos que não eram visíveis a olho nu revelaram padrões fluorescentes sob excitação UV, o que permitiu inferir, de forma preliminar, a presença de bioativos específicos.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

2.1.1 Refletor de luz negra deltrônica com lâmpada LED UV-A 254-365 nm

A luz negra, também conhecida como luz ultravioleta do tipo A (UV-A), corresponde a radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 320 e 400 nanômetros. Quando incide sobre determinadas substâncias, especialmente compostos com estruturas aromáticas conjugadas, essa radiação pode induzir fluorescência, fenômeno em que a substância absorve energia da radiação UV e reemite luz visível de coloração característica. Essa propriedade é explorada em diversas áreas, desde a biotecnologia até a análise forense e a triagem fitoquímica, sendo um método não destrutivo, de baixo custo e grande aplicabilidade em contextos laboratoriais de baixa complexidade.

¹ O óleo de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), extraído principalmente da polpa do fruto, é obtido por diferentes métodos, sendo a prensagem a frio o mais utilizado pelas indústrias por garantir maior qualidade e preservação dos compostos bioativos. Esse método consiste na desidratação da polpa, seguida de secagem em estufa e posterior aplicação de pressão mecânica, geralmente por prensa hidráulica, resultando em um óleo de coloração verde-escura e elevada estabilidade oxidativa. A composição lipídica é rica em ácidos graxos insaturados, como o oleico e linoleico, e antioxidantes naturais como α-tocoferol (vitamina E), carotenoides, fitoesteróis e antocianinas. A presença de clorofila, responsável pela tonalidade característica do óleo, também contribui com propriedades benéficas à saúde, sendo essencial que o método de extração preserve esse pigmento, o que é favorecido por temperaturas moderadas durante o processo (LIRA et al., 2021).

2.1.2 Harmalina

A harmalina é um alcaloide da classe das β -carbolinas, amplamente conhecido por suas propriedades psicoativas e fluorescentes. Está presente principalmente nas sementes de *Peganum harmala* (rue síria) e nas raízes e caules de *Banisteriopsis caapi* (cipó-mariri), planta componente da bebida ritualística *ayahuasca*. A estrutura química da harmalina é altamente conjugada, o que a torna responsiva à excitação por luz UV, emitindo fluorescência azul-esverdeada intensa. Este comportamento óptico permite sua detecção visual direta em extratos submetidos à radiação UV-A.

2.1.3 Piperina

A piperina é um alcaloide bioativo encontrado nas frutas do gênero *Piper*, sobretudo em *Piper nigrum* (pimenta-do-reino), sendo o principal responsável por seu sabor pungente característico. Estruturalmente, a piperina contém duplas ligações conjugadas que permitem absorção no espectro UV e posterior emissão fluorescente na faixa do visível, com coloração amarela esverdeada. Essa característica facilita sua identificação em triagens fluorescentes com luz negra, sobretudo quando extraída com solventes apolares.

2.1.4 Antocianina

As antocianinas são pigmentos fenólicos solúveis em água pertencentes à classe dos flavonoides, sendo responsáveis pelas colorações que variam do vermelho ao roxo em diversas frutas e flores. Estruturalmente, são glicosídeos derivados da antocianidina, como a cianidina-3-O-rutinosídeo e a delphinidina, compostos comuns em *Euterpe oleracea* (açaí), *Vaccinium spp.* (mirtilo) e *Fragaria × ananassa* (morango). Embora fortemente absorvedoras de luz no espectro visível, as antocianinas apresentam baixa fluorescência sob luz negra, devido à dissipação não radiativa da energia absorvida, o que as torna pouco detectáveis por métodos ópticos baseados em fluorescência UV.

2.1.5 Óleo de açaí

O óleo extraído da polpa de *Euterpe oleracea* (açaí) é um fluido viscoso de coloração verde-escura, rico em ácidos graxos insaturados como o oleico e o linoleico, além de conter altos teores de compostos bioativos lipossolúveis. Dentre estes, destacam-se os tocoferóis (vitamina E), carotenoides, fitoesteróis (como o β -sitosterol) e traços de clorofila. A clorofila, em especial, é responsável por conferir ao óleo sua coloração característica e sua leve fluorescência esverdeada sob luz UV-A. O

método de extração mais utilizado é a prensagem a frio, pois preserva os constituintes termossensíveis do óleo e garante qualidade superior.

2.1.6 Cumarina

A cumarina é um composto aromático pertencente à classe dos lactonas, amplamente encontrado em plantas da família *Fabaceae* e *Asteraceae*, como em *Mikania glomerata* (guaco). Caracteriza-se por sua estrutura planar e sistema conjugado, que favorece a absorção de luz UV e reemissão na forma de fluorescência azul intensa. Essa propriedade é especialmente acentuada em meios alcalinos, sendo explorada em testes fitoquímicos com hidróxido de potássio ou sais de alumínio para intensificação do sinal.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação da luz negra nos extratos vegetais indicaram a presença de compostos bioativos fluorescentes em diferentes amostras analisadas. No caso do açaí, observou-se uma fluorescência de tonalidade azul-arroxeadas intensa, especialmente nos extratos obtidos com etanol, sugerindo alta concentração de antocianinas. Variações nos padrões de fluorescência foram identificadas conforme o tipo de solvente empregado e o tempo de extração, o que evidencia o potencial da luz negra como ferramenta qualitativa para análise comparativa entre métodos de extração.

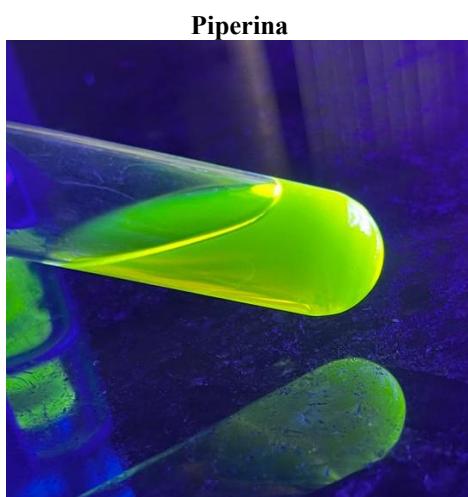
A fluorescência induzida por luz ultravioleta (UV-A, *blacklight* – 365 nm) evidenciou a presença de diferentes classes de compostos bioativos em extratos vegetais analisados, revelando-se uma ferramenta eficaz para triagem inicial de metabólitos secundários com propriedades ópticas características. A resposta fluorescente observada nos extratos depende fundamentalmente da estrutura química dos compostos, especialmente da presença de sistemas eletrônicos conjugados que permitem a absorção da radiação UV e subsequente emissão no espectro visível.

Dentre os compostos analisados, os alcaloides da classe das β-carbolinas, notadamente a harmalina e a harmina, apresentaram intensa fluorescência verde-azulada quando irradiados com luz UV-A. Essa emissão é atribuída à capacidade dessas moléculas de absorver energia na faixa ultravioleta e reemitir fótons na faixa azul-esverdeada do visível. Essa propriedade torna tais compostos facilmente detectáveis em extratos de *Peganum harmala* (rue síria) e *Banisteriopsis caapi* (cipó-mariri), sendo frequentemente utilizada como indicador visual da presença desses alcaloides em triagens farmacognósticas iniciais.



Fonte: autor deste artigo.

A piperina, alcaloide majoritário da *Piper nigrum* (pimenta-do-reino), também se destacou pela emissão fluorescente observada sob luz negra (JAIN; MENGHANI; JAIN, 2007). Os extratos contendo essa substância emitiram coloração amarela-esverdeada, compatível com seu espectro de excitação-emissão, que abrange absorção por volta de 340 nm e emissão entre 440 e 460 nm. Essa resposta permite sua distinção de adulterantes comuns, como sementes de *Carica papaya* (mamão), que apresentam fluorescência azulada em condições semelhantes, viabilizando assim a detecção preliminar de fraudes comerciais (JAIN; MENGHANI; JAIN, 2007).



Fonte: autor deste artigo.

As cumarinas, por sua vez, apresentaram forte fluorescência azul sob exposição à radiação UV-A (AMARAL, M. DA P. H. DO . et al., 2009) . Essa característica se deve à sua estrutura aromática conjugada, que promove absorção eficiente de energia e posterior emissão fluorescente intensa. Derivados cumarínicos presentes em espécies como *Mikania glomerata* (guaco) demonstraram emissão vívida, particularmente quando preparados em meios alcalinos, os quais favorecem a conversão de formas não fluorescentes em espécies luminescentes.

A análise dos extratos ricos em antocianinas, especialmente aqueles obtidos de Euterpe oleracea (açaí), revelou comportamento distinto em relação aos demais compostos bioativos. As antocianinas, como a cianidina-3-O-rutinosídeo e a cianidina-3-O-glucosídeo, embora responsáveis pela intensa coloração roxa do fruto, exibiram baixa fluorescência visível sob UV-A (YOSHIOKA et al., 2013). Essa ausência de emissão intensa é explicada por sua estrutura altamente conjugada e pela tendência de dissipação da energia absorvida por mecanismos não radiativos, como conversão interna e relaxamento vibracional.

Estudos prévios indicam que, em frutos como o morango (*Fragaria × ananassa*), a fluorescência observada sob UV provém de compostos fenólicos incolores (ex.: ácidos hidroxicinâmicos) em vez das antocianinas, que contribuem mais para a coloração visível do que para a emissão fluorescente (YOSHIOKA et al., 2013). Assim, os extratos de açaí, embora ricos em pigmentos polifenólicos, não apresentaram brilho evidente sob luz negra, aparecendo escuros ou com tonalidade opaca — um comportamento compatível com seu perfil fitoquímico.

No entanto, uma exceção parcial foi observada na análise do óleo de açaí, extraído do mesocarpo do mesmo fruto. Embora sua fluorescência fosse de baixa intensidade, foi possível notar emissão amarelo-esverdeada sob luz UV-A, atribuída à presença de compostos lipossolúveis como α-tocoferol (vitamina E), carotenoides e vestígios de clorofila (DRABENT; PLISZKA; OLSZEWSKA, 1999). A clorofila, ainda que presente em pequenas quantidades, possui forte absorção no UV e emissão na região do vermelho (em torno de 680 nm), conferindo ao óleo uma luminescência característica em condições apropriadas. Esse padrão é compatível com observações em outros óleos vegetais, como o azeite de oliva extra virgem, nos quais a fluorescência é utilizada como marcador qualitativo da presença de antioxidantes naturais e do grau de refino (KYRIAKIDIS; SKARKALIS, 2000).



Fonte: autor deste artigo.

Portanto, a análise dos extratos vegetais e óleos sob luz negra evidenciou não apenas a presença ou ausência de fluorescência, mas também permitiu inferências sobre a composição fitoquímica das amostras. A técnica demonstrou-se especialmente útil para triagens iniciais de compostos como cumarinas, alcaloides β -carbolínicos e piperina, cujos padrões fluorescentes são bem estabelecidos e facilmente detectáveis. No caso das antocianinas e de compostos lipossolúveis como a clorofila, a ausência de fluorescência intensa não reflete ausência de bioatividade, mas sim limitações intrínsecas ao mecanismo de emissão desses compostos. Ainda assim, a fluorescência observada em óleos como o de açaí sugere a preservação de constituintes antioxidantes naturais, os quais podem ser qualitativamente avaliados por esse método visual preliminar. Abaixo está uma tabela com diversos compostos bioativos organizados por família química, mostrando as cores fluorescentes observadas, a intensidade do brilho e referências na literatura, com exceção da Harmalina, pois a mesma está exposta como um dos objetos deste estudo.

Relação entre composto e fluorescência

Família	Composto	Cor da Fluorescência	Intensidade
Clorofilas	Clorofila	Vermelho	Moderada
Vitaminas	Riboflavina	Amarelo-esverdeado	Forte
Alcaloides	Quinina	Azul	Forte
Polifenóis / Curcuminoídes	Curcumina	Amarelo	Moderada
Alcaloides	Piperina	Amarelo-esverdeado	Moderada
Alcaloides	Harmalina	Azul	Forte
Antibióticos	Tetraciclina	Amarelo	Moderada
Alcaloides Isoquinolínicos	Berberina	Amarelo	Forte
Lipídios / Antibióticos Naturais	Esfingofungina	Azul	Moderada

Fonte: Autor deste artigo.

4 DISCUSSÃO

A fluorescência emitida pelos extratos contendo harmalina, ao serem submetidos à radiação UV-A, revela uma propriedade fotoquímica bem documentada para os alcaloides do tipo β -carbolina. Estudos indicam que esses compostos possuem elevada estabilidade eletrônica e rigidez estrutural, características que favorecem transições $\pi-\pi^*$ altamente fluorescentes (JAIN; MENGHANI; JAIN, 2007). Essa propriedade foi confirmada na pesquisa experimental, sendo possível observar emissão verde-azulada intensa mesmo em extratos brutos, o que sugere uma alta concentração da substância ativa ou, ao menos, sua marcante resposta óptica.

A literatura corrobora o uso da fluorescência como marcador para β -carbolinas em contextos etnofarmacológicos e analíticos, especialmente na identificação de extratos de *Banisteriopsis caapi* e *Peganum harmala*. Essa aplicabilidade se alinha à proposta deste estudo, que busca evidenciar métodos acessíveis e não destrutivos para triagem fitoquímica. A harmalina, portanto, se destaca não apenas por seu valor farmacológico, mas também como modelo para validação da eficácia da luz negra como ferramenta de triagem de compostos com resposta óptica relevante.

A resposta fluorescente apresentada pelos extratos de *Piper nigrum* reforça o potencial da piperina como marcador visual sob UV. A emissão amarelo-esverdeada observada é consistente com a estrutura semiquinonoide da molécula, que contém cadeias conjugadas favoráveis à fluorescência (JAIN; MENGHANI; JAIN, 2007). Diferente de compostos fenólicos hidrossolúveis, a piperina é solúvel em solventes apolares, o que também influencia a intensidade e tonalidade de sua emissão sob luz negra.

Do ponto de vista teórico, a fluorescência de alcaloides como a piperina é valorizada como ferramenta qualitativa em controle de qualidade, inclusive em alimentos e medicamentos. Estudos prévios demonstram que a fluorescência UV pode diferenciar amostras autênticas de adulteradas, como observado neste estudo, onde adulterantes simulados com sementes de mamão exibiram padrões

fluorescentes distintos. A fidelidade do sinal óptico da piperina reforça sua aplicabilidade como indicador de autenticidade e pureza, dialogando diretamente com abordagens contemporâneas de rastreabilidade fitoquímica.

As observações relacionadas à fluorescência da cumarina confirmam seu conhecido comportamento óptico sob estímulo de radiação UV-A. A molécula da cumarina, ao sofrer excitação, emite luz azul intensa devido à sua estrutura lactônica aromática altamente conjugada, fenômeno extensivamente relatado na literatura fitoquímica (AMARAL, M. da P. H. do et al, 2007). A intensificação do sinal fluorescente em meio alcalino também valida o uso de modificações químicas simples como recurso experimental para potencializar a detecção de compostos naturalmente fluorescentes.

Além de seu interesse farmacológico, a cumarina serve como modelo clássico para estudos de fluorescência em compostos naturais. Sua resposta fluorescente consistente, mesmo em extratos complexos, demonstra a utilidade da luz negra como ferramenta exploratória em triagens qualitativas. Essa aplicabilidade amplia a utilidade da técnica além do campo botânico, alcançando também a farmacognosia e o ensino de práticas laboratoriais em ambientes de formação científica.

Ao contrário dos demais compostos analisados, as antocianinas presentes no extrato de *Euterpe oleracea* não emitiram fluorescência visível sob luz UV-A, o que pode ser atribuído às suas rotas preferenciais de dissipação de energia, predominantemente não radiativas. Embora esse comportamento possa parecer uma limitação, ele está plenamente conforme o que a literatura descreve sobre a fluorescência tênue ou ausente de pigmentos antociânicos em frutas como o morango (*Fragaria × ananassa*) e o repolho roxo (*Brassica oleracea*) (YOSHIOKA et al., 2013; DRABENT; PLISZKA; OLSZEWSKA, 1999).

Essa ausência de emissão fluorescente sob UV, longe de representar um resultado negativo, corrobora a hipótese de que a luz negra também pode ser útil para excluir classes de compostos de uma amostra analisada. A não fluorescência pode, portanto, ser interpretada como uma assinatura espectral que, quando combinada com outros padrões visuais e espectroscópicos, permite inferências sobre o conteúdo e a composição de extratos vegetais. Assim, mesmo sem emissão de luz visível, as antocianinas desempenham papel relevante na leitura experimental.

A fluorescência sutil observada no óleo de açaí indica a presença de pigmentos lipossolúveis como α-tocoferol, carotenoides e vestígios de clorofila, cujas emissões são relatadas na literatura como marcadores da qualidade e da integridade funcional dos óleos vegetais (KYRIAKIDIS; SKARKALIS, 2000). O tom amarelado a esverdeado, embora de baixa intensidade, evidencia que o processo de

extração utilizado foi eficiente na preservação dos constituintes termossensíveis, como confirmam estudos que compararam óleos prensados a frio com amostras refinadas e desodorizadas.

Essa fluorescência, ainda que discreta, é valiosa como indicador da presença de compostos antioxidantes, especialmente em um contexto amazônico, onde o açaí tem ampla aplicação tanto nutricional quanto cosmética. A preservação da clorofila, responsável por parte da emissão observada, reforça a ideia de que técnicas de bancada simples, como a exposição à luz negra, podem ser incorporadas ao protocolo de avaliação da qualidade de óleos naturais. Assim, os resultados observados com o óleo de açaí dialogam com os achados de Kyriakidis e Skarkalis (2000), que demonstraram a aplicabilidade da fluorescência como ferramenta de caracterização de óleos vegetais.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo confirmam que a luz negra (UV-A) é uma ferramenta acessível, eficaz e cientificamente válida para a triagem qualitativa de compostos bioativos em extratos vegetais. A fluorescência observada em compostos como harmalina, piperina e cumarina demonstrou consistência com os padrões descritos na literatura, evidenciando a aplicabilidade da técnica para detecção preliminar de substâncias com estruturas conjugadas. Por outro lado, a ausência de fluorescência em compostos como as antocianinas – particularmente no extrato de *Euterpe oleracea* Mart. — também forneceu informações relevantes para a análise fitoquímica, uma vez que reforça o comportamento óptico específico dessas moléculas.

Além de validar experimentalmente o uso da luz negra como estratégia de bancada, este trabalho destaca sua importância como recurso pedagógico e investigativo para pesquisadores em início de carreira. A simplicidade do método, aliada ao baixo custo operacional, permite que análises iniciais de compostos bioativos sejam conduzidas mesmo em laboratórios com infraestrutura reduzida. Assim, os dados obtidos contribuem para a consolidação da luz negra como tecnologia auxiliar na pesquisa ambiental e farmacognóstica, oferecendo suporte para investigações futuras mais robustas e quantitativas.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à Universidade Federal do Pará (UFPA), ao diretor do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Meio Ambiente (PPGCMA), à direção do Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN), ao meu orientador por compartilhar o entusiasmo pelo ambiente experimental, ao Laboratório de Biosoluções da Amazônia (LABA), ao Laboratório de Engenharia Química (LEQ).

Estendo os agradecimentos, a minha família, aos colegas de pesquisa pelo incentivo à formação científica e à continuidade da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Fabrine Silva et al. Evaluation of Antimicrobial Activity and Cytotoxicity Effects of Extracts of *Piper nigrum* L. and Piperine. *Separations*, v. 10, p. 21, 2023.
- AMARAL, M. da P. H. do et al. Determinação do teor de cumarina no xarope de guaco armazenado em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 2b, p. 607–611, abr. 2009.
- BROWN, T. E. et al. Química – A Ciência Central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2017. Cap. 6. ISBN 9788543005652.
- BUTH, Daniel Frederico. Degradação fotocatalítica da tetraciclina em solução aquosa empregando TiO₂ suportado. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18992>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- CRUZ, Giovany Michely Pinto da. Estudo dos mecanismos neuroprotetores da piperina nas convulsões induzidas pela pilocarpina em camundongos. 2012. 200 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/22883>. Acesso em: 2 abr. 2025.
- DRABENT, R.; PLISZKA, B.; OLSZEWSKA, T. Fluorescence properties of plant anthocyanin pigments. I. Fluorescence of anthocyanins in *Brassica oleracea* L. extracts. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 50, n. 1, p. 53–58, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(99\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(99)00070-6).
- GUSTAVO MACEDO DANTAS. Teste de Chama. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/cmdantasba/pratica-03teste-da-chama>. Acesso em: 18 abr. 2018.
- JAIN, S. C.; MENGHANI, E.; JAIN, R. Padronização de frutos de *Piper nigrum* baseada em fluorescência e HPLC. *International Journal of Botany*, Faisalabad, v. 3, p. 208–213, 2007.
- KYRIAKIDIS, N. B.; SKARKALIS, P. Fluorescence spectra measurement of olive oil and other vegetable oils. *Journal of AOAC International*, Rockville, v. 83, n. 6, p. 1435–1439, 2000.
- LEÃO, Dayane Alves. Caracterização e avaliação da toxicidade da berberina encapsulada com Poloxamer 407 em *Drosophila melanogaster*. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29733/1/toxicidadeberberinapoloxamermelanogaster.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2025.
- LIRA, G. B. et al. Processos de extração e usos industriais de óleos de andiroba e açaí: uma revisão. *Research, Society and Development*, Lavras, v. 10, n. 12, e229101220227, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20227>.

LOPES, Rute. Estudo do efeito de compostos naturais bioativos no metabolismo lipídico de células Huh-7.5 e sua interação com o ciclo de replicação do vírus da hepatite C em células expressando o SGR-JFH1. 2019. 119 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/184510>. Acesso em: 2 abr. 2025.

MATEUS, A. L. Ensino de Química mediado pelas TIC's. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2015. ISBN 9788542301441.

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. Química Nova na Escola, n. 19, p. 53–56, 2004.

PEREIRA, Cristiane Bigatti. Bioprospecção e caracterização de substâncias antifúngicas capazes de inibir espécies patogênicas de Cryptococcus a partir dos extratos de fungos endofíticos associados a plantas endêmicas de diferentes ecossistemas brasileiros. 2013. 200 f. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35511/1/Bigatti.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SILVA, Cássia Regina da. Estudo de degradação da tetraciclina em água por processos oxidativos avançados. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/13262/1/estudodegradacaotetraciclinaagua.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

YOSHIOKA, Y. et al. Use of image analysis to estimate anthocyanin and UV-excited fluorescent phenolic compound levels in strawberry fruit. Breeding Science, Tokyo, v. 63, n. 2, p. 211–217, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.63.211>.