

# IMPRESSÕES DIGITAIS COM POLIANILINA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA

Antonio Albuquerque de Souza <sup>1</sup>

Cleylton Bezerra Lopes <sup>2</sup>

Eduardo Lima dos Santos <sup>3</sup>

Fred Augusto Ribeiro Nogueira <sup>4</sup>

Nereu Victor Nazário Tenório <sup>5</sup>

Rosanny Christhinny da Silva <sup>6</sup>

## RESUMO

O ensino de Química no Ensino Médio enfrenta desafios relacionados à abstração dos conceitos envolvidos com o cotidiano. Nessa perspectiva, ensinar os conceitos de eletroquímica, como reações de oxirredução, fluxo de elétrons e processos em eletrodos é facilitado quando correlacionado com vivência prática. Este trabalho propõe uma abordagem didática e experimental baseada na revelação de impressões digitais latentes utilizando anilina como agente revelador, com base em reações eletroquímicas. A atividade foi aplicada para alunos de turmas do curso técnico em Química integrado ao ensino médio, durante um evento intitulado I ExPoTecQui, e envolvia a oxidação da anilina em meio ácido sob aplicação de corrente elétrica. Os estudantes puderam observar a formação de um filme de polianilina sobre a superfície de um eletrodo condutor. Quando a superfície do eletrodo contém impressões digitais, as substâncias depositadas pelos sulcos dérmicos — como íons, aminoácidos e lipídios — alteram localmente o processo de polimerização, revelando a impressão com contraste visível. Ao tempo que se debatia a relevância das impressões digitais para a Química Forense, a oxidação anódica, na qual a anilina perde elétrons e se reorganiza estruturalmente, formando cadeias de polianilina aderidas ao eletrodo, foi explorado com os estudantes. O experimento possibilitou a discussão de conceitos como eletrodos, corrente elétrica, eletrólise, reações de oxidação e redução, além da aplicação prática de semicondutores orgânicos. Adicionalmente, essa abordagem também permitiu a interdisciplinaridade de conteúdos da Química, sendo explorada a oxidação de compostos orgânicos, destacando os grupos funcionais passíveis dessas reações. Este estudo destaca a viabilidade da técnica tanto para fins forenses quanto pedagógicos. A atividade pode ser realizada com materiais acessíveis e segurança em laboratório escolar, promovendo uma aprendizagem significativa e experimental dos conceitos eletroquímicos.

**Palavras-chave:** Anilina, Aprendizagem Ativa, Oxidação Anódica, Química Forense.

---

<sup>1</sup> Doutor pelo Curso de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [antonio.souza@ifal.edu.br](mailto:antonio.souza@ifal.edu.br);

<sup>2</sup> Doutor pelo Curso de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [cleylton.lopes@ifal.edu.br](mailto:cleylton.lopes@ifal.edu.br);

<sup>3</sup> Doutor em Educação pela Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (Unesp)- campus Marília – SP, [eduardo.santos@ifal.edu.br](mailto:eduardo.santos@ifal.edu.br);

<sup>4</sup> Doutor pelo Curso de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [fred.nogueira@ifal.edu.br](mailto:fred.nogueira@ifal.edu.br);

<sup>5</sup> Doutor pelo Curso de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [nereu.tenorio@ifal.edu.br](mailto:nereu.tenorio@ifal.edu.br);

<sup>6</sup> Professora Orientadora: Doutora pelo Curso de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [rosanny.silva@ifal.edu.br](mailto:rosanny.silva@ifal.edu.br).



## INTRODUÇÃO

O ensino de Química no contexto do Ensino Médio e Técnico enfrenta desafios significativos relacionados à abstração conceitual e à dificuldade de associar o conhecimento teórico à realidade dos estudantes. A natureza simbólica da disciplina, marcada por fórmulas, reações e representações microscópicas, muitas vezes afasta o aprendiz do entendimento concreto dos fenômenos químicos (Farias, 2010). Assim, o distanciamento entre teoria e prática ainda constitui uma barreira pedagógica relevante, especialmente quando o ensino carece de abordagens experimentais que despertem o interesse, a curiosidade e a autonomia intelectual.

As metodologias ativas e experimentais emergem como alternativas potentes nesse cenário, promovendo a aprendizagem significativa por meio da problematização e da investigação científica. Ao assumir o protagonismo nas atividades práticas, os estudantes desenvolvem não apenas habilidades cognitivas, mas também competências científicas e sociais. A Química, por sua natureza empírica, oferece condições privilegiadas para esse tipo de aprendizagem, em especial por meio da experimentação eletroquímica, que possibilita visualizar processos abstratos como oxidação, redução e condução elétrica.

Entre os conteúdos da eletroquímica, a polianilina (PAni) destaca-se como material didático e de pesquisa devido à sua condutividade, estabilidade ambiental e propriedades eletrocromáticas. A PAni é um polímero condutor obtido pela oxidação da anilina em meio ácido, apresentando distintos estados de oxidação — leucoesmeraldina (amarela), esmeraldina (verde) e pernigranilina (púrpura) — que variam conforme o potencial aplicado e possibilitam o estudo visual da dopagem e das transformações redox (Khairy e Gouda, 2015). Essa característica cromática, aliada à sua versatilidade experimental, permite relacionar fundamentos teóricos da eletroquímica com observações empíricas acessíveis aos estudantes.

Com base nessas propriedades, projetos desenvolvidos no Instituto Federal de Alagoas exploraram a aplicação pedagógica e científica da PAni na revelação de impressões digitais latentes e na construção de experiências didáticas voltadas ao ensino de eletroquímica. A união entre ciência forense e educação científica amplia a



compreensão dos fenômenos eletroquímicos, ao mesmo tempo em que contextualiza a relevância social da Química, fortalecendo a relação entre pesquisa, ensino e cidadania.

## METODOLOGIA

A proposta pedagógica foi aplicada durante uma Feira Científica Interna do IFAL (EXPOTEQUI), no contexto do projeto interdisciplinar “Revelação de Impressões Digitais com Polianilina: uma abordagem experimental para o ensino de Eletroquímica”. O experimento baseou-se na eletropolimerização da anilina em meio ácido, adaptando o procedimento laboratorial de pesquisa para um formato acessível e seguro em ambiente escolar.

Inicialmente, foram preparados os materiais: solução de anilina  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  em ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , eletrodos de aço inoxidável, fios condutores, béqueres e uma fonte elétrica de baixa tensão substituindo o potenciostato convencional. As impressões digitais foram coletadas dos próprios estudantes e adicionadas sobre as placas metálicas limpas, simulando a condição de uma evidência forense. Em seguida, o sistema eletroquímico foi montado com a solução ácida de anilina, eletrodo de trabalho (a placa com a digital latente) e contra eletrodo (aço inoxidável). Aplicou-se uma diferença de potencial de aproximadamente  $1 \text{ V}$ , o que provocou a oxidação da anilina e a formação visível do filme verde de PANi sobre as áreas condutoras e, conseqüentemente, revelando a impressão digital latente.

Durante a atividade, os estudantes atuaram em todas as etapas — montagem, observação, registro e discussão — exercitando a autonomia científica e a capacidade de formular hipóteses sobre os fenômenos observados. O experimento foi planejado com ênfase em baixo custo, segurança e replicabilidade, podendo ser realizado com materiais de laboratório escolar, sem necessidade de reagentes tóxicos ou equipamentos complexos. Essa adaptação reforça a inclusão e democratização do acesso à experimentação científica.

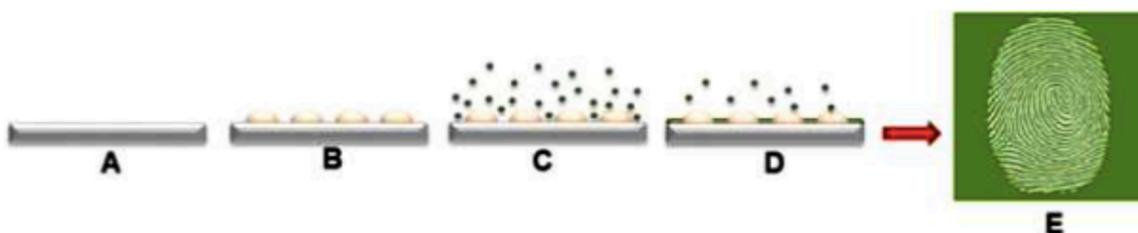


## REFERENCIAL TEÓRICO

A eletroquímica estuda os processos de conversão entre energia elétrica e energia química, abrangendo reações de oxidação e redução que ocorrem em interfaces metálicas. No contexto didático, esses fenômenos são fundamentais para compreender pilhas, eletrólises e sistemas condutores. A oxidação anódica da anilina, por exemplo, é um caso clássico de reação redox aplicada, resultando na formação da PANi — um polímero conjugado com propriedades semicondutoras (Hillman et al., 2012).

De acordo com Khairy e Gouda (2015), a PANi apresenta transições eletrônicas associadas à dopagem protônica, responsáveis pelas suas variações de cor e condutividade. Essa característica torna o polímero um excelente modelo didático para o estudo de estados redox e propriedades electrocrômicas. Além de seu papel educacional, a PANi tem sido amplamente empregada em sensores, revestimentos anticorrosivos e na revelação de impressões digitais latentes, conforme demonstrado por Costa et al. (2020) e Assis, Costa e Ribeiro (2020).

Na perspectiva da Química Forense, a técnica de eletrodeposição seletiva de polímeros condutores proposta por Hillman e colaboradores (2012) possibilita a visualização de impressões digitais em superfícies metálicas. O processo ocorre porque os resíduos da pele — compostos por sais, aminoácidos e óleos — funcionam como barreiras isolantes, inibindo a oxidação nas regiões da digital. Assim, o filme de PANi se deposita apenas nas áreas condutoras, formando uma imagem negativa de alto contraste, conforme a figura a baixo.



**Figura 1.** Esquema da técnica. Vista longitudinal: A) superfície metálica, B) impressão digital latente, C) polimerização da anilina, D) deposição do polímero e E) vista aérea da impressão digital revelada. FONTE: A AUTORA, 2025.

Sob o ponto de vista pedagógico, essa prática estimula a aprendizagem significativa (Farias, 2010), pois permite que o estudante estabeleça conexões entre o conteúdo teórico e situações concretas, promovendo a interdisciplinaridade entre Ciência dos Materiais, Eletroquímica e Forense. A experimentação ativa fomenta o desenvolvimento do pensamento crítico e investigativo, princípios centrais da Educação Científica contemporânea.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a EXPOTEQUI (Figura 2), a execução do experimento despertou expressivo interesse entre os estudantes, que participaram ativamente na montagem do circuito e observaram a mudança de coloração da solução e o surgimento do filme verde sobre a superfície metálica. A presença de impressões digitais produziu um contraste visível entre as regiões condutoras e isoladas, demonstrando o princípio da eletrodeposição seletiva descrito por Hillman et al. (2012).



**Figura 2.** Aplicação da prática educacional durante evento interno (EXPOTEQUI) no Instituto Federal de Alagoas - campus Maceió.

A substituição do potenciostato por uma fonte elétrica simples mostrou-se eficaz para fins pedagógicos, mantendo a reprodutibilidade visual do processo. O experimento adaptado apresentou desempenho satisfatório, ainda que com menor controle sobre o potencial e o tempo de deposição. Essa simplificação, entretanto, favoreceu o entendimento qualitativo dos fenômenos eletroquímicos, permitindo que os alunos



associassem diretamente as transformações observadas aos conceitos de oxidação e redução.

Os relatos dos participantes evidenciaram maior engajamento e curiosidade ao relacionar a Química com aplicações reais, como a revelação de impressões digitais em contextos forenses. Além disso, a interdisciplinaridade com a Física e a Biologia possibilitou discussões sobre condutividade, estruturas moleculares e composição das secreções epidérmicas. O experimento também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de observação, registro de dados e argumentação científica — competências essenciais à formação técnica e cidadã.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática experimental baseada na eletropolimerização da anilina e na formação da PANi demonstrou ser uma estratégia pedagógica eficiente para o ensino de eletroquímica, aliando ciência e educação de forma criativa e acessível. A atividade proporcionou um ambiente de aprendizagem ativa, em que os estudantes puderam compreender visualmente conceitos abstratos e reconhecer a aplicabilidade social da Química.

A experiência contribuiu para a consolidação do ensino investigativo no IFAL, promovendo o protagonismo discente e a integração entre pesquisa científica e formação docente. Além de reforçar o papel da experimentação como mediadora do conhecimento, a abordagem com PANi revelou-se uma alternativa didática sustentável, de baixo custo e alto potencial de replicação.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, A. M. L.; COSTA, C. V.; RIBEIRO, A. S. **Eletroquímica forense aplicada na revelação de impressões digitais latentes**. 2020.

BOEVA, Z. A.; SERGEYEV, V. G. *Polyaniline: Synthesis, properties, and application*. *Polymer Science Series C*, v. 56, n. 1, p. 144–153, 2014.



COSTA, C. V. et al. *Bilayer systems based on conjugated polymers for fluorescence development of latent fingerprints on stainless steel. **Synthetic Metals***, v. 262, p. 116347, 2020.

FARIAS, R. F. **Introdução à Química Forense**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

GOULART, B. H. F. Síntese e caracterização da polianilina por diferentes métodos. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

HILLMAN, A. R. et al. *Electrodeposition of conductive polymers for fingerprint visualization. **Forensic Science International***, 2012.

KHAIRY, M.; GOUDA, M. E. *Electrical and optical properties of nickel ferrite/polyaniline nanocomposite. **Journal of Advanced Research***, v. 6, n. 4, p. 555–562, 2015.

NOGUEIRA, F. A. R. Síntese e caracterização de derivados de polipirrol para aplicação em dispositivos eletroquímicos. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – UFAL, Maceió, 2010.

SILVA, R. C. Preparação e caracterização de materiais híbridos baseados em polianilina (PAni). Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – UFAL, 2017.

INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS. Análise da Eficiência na Revelação de Impressões Digitais Latentes com Polianilina (PAni) ao Longo do Tempo. Relatório PIBIC/IFAL, Maceió, 2025.

