



GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL
SECRETARIA DE ESTADO DE ADMINISTRAÇÃO
FUNDAÇÃO ESCOLA DE GOVERNO DE MATO GROSSO



ANEXO I DO EDITAL N. 1/2023 ESCOLAGOV/SAD

**XVIII PRÊMIO SUL-MATO-GROSSENSE DE INOVAÇÃO NA GESTÃO PÚBLICA
ROTEIRO PARA RELATO DA MODALIDADE PRÁTICAS INOVADORAS DE SUCESSO:**

Elaboração de Novas Metodologias utilizando Dispositivos de Baixo Custo para Análises de Substâncias Químicas de Interesse Forense.

A Divisão de Química e Toxicologia do Instituto de Análises Laboratoriais Forenses da Coordenadoria-Geral de Perícias, vinculada à Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública de Mato Grosso do Sul (DQT/IALF/CGP/SEJUSP/MS), responsável pelas análises químicas e toxicológicas da área forense de todo o Estado, sempre utilizou, para identificação de substâncias, técnicas e metodologias elaboradas por outras instituições, tais como da Polícia Federal, do Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC)^{1,2} e do Grupo de Trabalho Científico para Análise de Drogas Apreendidas, (do inglês SWGDRUG – *Scientific Working Group for Analysis of Seized Drugs*)³, sendo assim, necessário a compra de equipamentos de alto custo: cromatógrafos gasosos, cromatógrafos líquidos e espectrômetros de infravermelho.

Para a realização dessas análises, faz-se necessário a obtenção de padrões analíticos e solventes de alta pureza que, devido ao alto custo, são comprados apenas os mais utilizados.

O alto custo operacional gerava escassez de insumos, solventes, padrões analíticos, além de falta de manutenções dos equipamentos e validação das metodologias, atrasando a emissão dos laudos na DQT e até mesmo a emissão de laudos inconclusivos ou, ainda, a não realização dos exames, atrasando ou prejudicando os trâmites judiciais do Estado.

Com o intuito de desenvolver metodologias próprias, com custo operacional mais baixo com menor produção de resíduos químicos e, conseqüentemente, proporcionar agilidade

¹ Disponível em < <https://www.unodc.org/unodc/en/scientists/recommended-methods-for-the-identification-and-analysis-of-cannabis-and-cannabis-products.html> > Acesso em 14/07/2023.

² Disponível em < <https://www.unodc.org/unodc/en/scientists/recommended-methods-for-the-identification-and-analysis-of-cocaine-in-seized-materials.html> > Acesso em 14/07/2023.

³ Disponível em < www.swgdrug.org/Documents/SWGDRUG%20Recommendations%20Version%208.1_FINAL_ForPosting_Rev%201-23-23.pdf > Acesso em 14/07/2023.

nos processos do judiciário e segurança jurídica para toda a sociedade sul-mato-grossense com menor oneração ao ente público, surgiu a necessidade de se estabelecer parcerias entre a perícia criminal e instituições de ensino superior para suprir a demanda da DQT. Assim, em abril de 2021, iniciou-se um Acordo de Cooperação entre o Instituto de Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (InQui/UFMS) e a Coordenadoria-Geral De Perícias (CGP)⁴.

Os principais objetivos do acordo de cooperação entre a UFMS e a DQT/IALF/CGP/SEJUSP/MS são:

- Confeccionar dispositivos de baixo custo;
- Criar, padronizar e validar novas metodologias de análises de substâncias utilizando os dispositivos confeccionados;
- Criar, padronizar e validar novas metodologias de análises de substâncias utilizando os equipamentos já disponíveis na DQT;
- Elaborar um protocolo de certificação de material de referência baseado nas normas do Inmetro, através de drogas apreendidas nas operações policiais;
- Diminuir os custos operacionais das análises de substâncias;
- Diminuir o volume de solvente usado atualmente nas análises via cromatografia líquida.

Além da economia financeira para o Estado e uso de pequenos volumes de solventes, as novas metodologias apresentam tempo de laboratório bem menor, fazendo com que os laudos periciais sejam emitidos de maneira mais célere, proporcionando rapidez nos processos judiciais, beneficiando a sociedade. Sendo assim, toda cadeia é afetada positivamente: o Estado com a economia financeira, o meio ambiente com a diminuição do volume de resíduos químicos gerados, a Perícia com a redução do tempo para execução dos exames bem como menor exposição dos Peritos aos solventes químicos, a justiça pela celeridade e resolubilidade nos laudos, os pesquisadores e alunos da UFMS pela oportunidade de trabalhar e desenvolver pesquisas com materiais forenses e a população pelo benefício de mais casos solucionados.

O acordo de cooperação com a UFMS prevê que alunos de pós-graduação (mestrandos e doutorandos) desenvolvam suas pesquisas baseadas no interesse forense, assim, foram repassadas aos pesquisadores do InQui/UFMS as principais demandas da DQT, as quais passaram a ser discutidas com os alunos.

As linhas de pesquisa de interesse forense foram definidas, inicialmente, em quatro áreas: Química Analítica, Eletroquímica-analítica, Química Orgânica e Química Verde

⁴ Disponível em < <https://www.cgp.sejusp.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/ACORDO-DE-COOP.-ENTRE-UFMS-E-CGP-POR-MEIO-SEJUSP-pos-QUIMICA.pdf> > Acesso em 14/07/2023.

(Ambiental), as quais foram iniciadas em meados de 2021, com acesso dos pós-graduandos às instalações da DQT, sob supervisão e co-orientação do Perito Criminal Evandro Rodrigo Pedão.

Parte da pesquisa foi desenvolvida nas instalações da DQT, utilizando os equipamentos disponíveis, e parte nas instalações do InQui/UFMS, utilizando os equipamentos que porventura não estavam disponíveis na DQT.

A troca de experiência entre o mundo acadêmico e a prática pericial foi de extrema importância para a realização das pesquisas, pois a DQT, ao receber materiais apreendidos, fornecia as substâncias químicas, a estrutura de seus laboratórios, a demanda e suas necessidades, em contrapartida, a universidade, ao fornecer seus acadêmicos e professores para desenvolver as pesquisas, ajudou a transformar a DQT num centro de pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área da química forense.

O acordo de cooperação com a UFMS, em sua cláusula sétima, diz que "não envolve, de forma alguma, repasse de recursos financeiros entre os partícipes", neste termo, todas as pesquisas foram realizadas com recursos provenientes da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que já estavam alocados para os professores/pesquisadores responsáveis por cada linha de pesquisa, ou seja, todas as pesquisas foram realizadas sem ônus para o Estado de Mato Grosso do Sul.

Dos recursos do estado, foram utilizados dois cromatógrafos gasosos acoplados a espectrômetros de massas (GC/MS), um cromatógrafo líquido acoplado a espectrômetro de massas com Ionização por eletrospray (LC/MS/ESI) e um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) que já estavam em funcionamento quando do início das pesquisas.

Na área de química-analítica e química orgânica, a primeira pesquisa foi relacionada à elaboração de um protocolo para a caracterização de material de referência, mais especificamente de um canabinoide sintético (ADB-BUTINACA), a partir de selos apreendidos em operação policiais.

Os padrões de substâncias ou materiais de referência certificados apresentam valores elevados, no caso da ADB-BUTINACA, que é uma droga nova no mercado, 1 miligrama tem valor aproximado de US\$ 1.350,00 (um mil e trezentos e cinquenta dólares) e com a elaboração do próprio material de referência, seguindo os requisitos estabelecidos pelo Inmetro e utilizando selos apreendidos, o Estado de Mato Grosso do Sul não precisou fazer a aquisição do padrão comercial.

O trabalho de elaboração desse protocolo foi apresentado em fevereiro de 2023 na tese de Doutorado intitulada “*Certificação de Material de Referência Interno para Canabinoide Sintético e sua Aplicação no Desenvolvimento de Metodologia Analítica*”, assim, hoje a DQT possui um protocolo para a elaboração de material de referência que pode ser usado para um grande número de substâncias químicas.

O segundo tema relacionado à química analítica e química orgânica consistiu na validação dos métodos para análise de cocaína nos CG/MS, pois até então, apesar de usar protocolos internacionais de análises, os equipamentos da DQT não possuíam tal validação.

Todo o processo de validação foi realizado utilizando material de referência certificado, o qual foi fornecido gratuitamente pelo Inmetro e pela Polícia Federal, além de que, toda pesquisa foi desenvolvida por acadêmicos do InQui/UFMS em seu trabalho de conclusão de curso (TCC), com investimentos financiados pela CAPES no final de 2021.

O processo de validação de uma metodologia demanda tempo, recursos humanos e recursos financeiros consideráveis, e essa linha de pesquisa possibilitou a validação da metodologia e dos equipamentos sem ônus para o Governo do Estado de Mato Grosso do Sul.

Na linha de pesquisa que abrange as áreas de eletroquímica-analítica e química verde, o objetivo principal foi a criação de novas técnicas de baixo custo com menor produção de resíduos químicos para identificação de substâncias, principalmente a bromodiolona (rodenticida) e o benzovindiflupir (fungicida), os quais só podem ser detectados por LC/MS/ESI, técnica que demanda grande quantidade de solventes ultrapuros que apresentam custos financeiros bem elevados.

A bromodiolona é muito usada em crimes de suicídio, homicídio, tentativa de homicídio e ambientais (na morte de cães e gatos) e a demanda de requisições vem aumentando nos últimos anos. Já o benzovindiflupir é o princípio ativo de fungicidas usados em diversos tipos de lavouras em Mato Grosso do Sul e isso fez com que houvesse a falsificação ou adulteração dos fungicidas e, conseqüentemente, grandes apreensões de cargas com suspeitas de conterem fungicidas falsificados.

Crimes dessa natureza devem ser resolvidos o mais rápido possível para que a investigação possa transcorrer antes de se perder as provas e como as análises são feitas em LC/MS/ESI, na qual o tempo e o custo operacional são bem elevados, fez-se necessário desenvolver metodologias mais rápidas e de baixo custo.

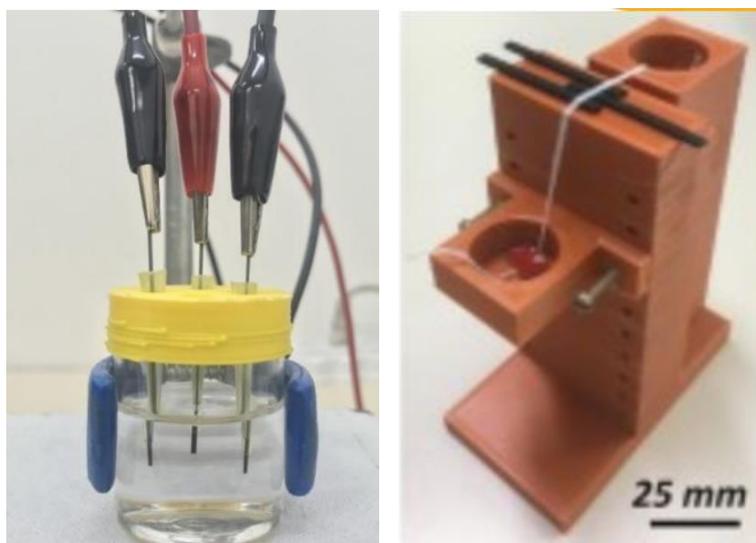
A dissertação de mestrado intitulada “*Determinação Eletroanalítica e Estudo da Redução Eletroquímica do Rodenticida Bromadiolona Usando Eletrodo de Grafite Descartável*” (Figura 01), proporcionou a criação de uma nova metodologia de análise da

bromadiolona a um custo de R\$ 3,86 (três reais e oitenta e seis centavos) e com tempo médio de análise de cinquenta minutos, gerando economia para o Estado, uso de pequenas quantidades de solventes e celeridade nos trâmites do judiciário.



Figura 01: Ilustra a célula eletroquímica desenvolvida com grafites de lapiseira para detecção do rodenticida bromadiolona.

As novas metodologias de análise do fungicida benzovindiflupir foram desenvolvidas por mestrandos do InQui/UFMS. Em umas delas, utilizou-se do mesmo processo elaborado para a análise da bromadiolona, com o intuito de verificar a possibilidade de a substância ser analisada seguindo os processos eletroquímicos (Figura 02), a um custo também de R\$ 3,86 (três reais e oitenta e seis centavos). A resposta positiva do benzovindiflupir à eletroquímica levou a elaboração da segunda metodologia, que tinha como objetivo desenvolver um dispositivo de baixo custo fabricado com impressora 3D (Figura 03), com valores abaixo de R\$ 15,00 (quinze reais).



Figuras 02 e 03: Ilustram, respectivamente, a célula eletroquímica desenvolvida com grafites de lapiseira para detecção do benzovindiflupir e o dispositivo de baixo custo impresso em 3D.

O sucesso nos resultados obtidos levou ao aceite de duas publicações em revistas internacionais renomadas, sob os títulos: "*Electrochemical study and forensic electroanalysis of fungicide benzovindiflupyr using disposable graphite pencil electrode*" (Talanta 252 (2023) 12:5873)⁵ e "*3D-printed microfluidic thread device with integrated detector: A green and portable tool for amperometric detection of fungicide benzovindiflupyr in forensic samples*" (Microchemical Journal Volume 182, November 2022, 107853)⁶.

Para as publicações serem aceitas, as revistas exigiram que essas novas metodologias fossem validadas e tivessem comprovação de sua eficácia. Com a validação e a eficácia comprovadas, a DQT passou a utilizar essas novas metodologias para as análises de bromadiolona e benzovindiflupir.

Das três análises de bromadiolona realizadas após a implantação da nova metodologia, duas delas forneceram resultado positivo para o rodenticida e uma obteve resultado negativo. Para confirmação dos resultados obtidos, os materiais foram reanalisados com base nas metodologias anteriores utilizando o LC/MS/ESI e os resultados foram compatíveis, demonstrando, mais uma vez, a eficiência e confiabilidade da nova metodologia.

Em relação ao benzovindiflupir, até o momento não houve solicitação de análise, porém ao receber materiais suspeitos de falsificação, serão realizadas as análises de acordo com a nova metodologia e, para confirmação dos resultados, serão também reanalisados seguindo a metodologia anterior.

O protocolo operacional padrão (POP) de certificação de material de referência está preparado e, assim que for recebida uma nova substância psicoativa (NSP) ou qualquer outra droga desconhecida, será colocado em prática pelos Peritos Criminais da DQT e produzido o material de referência (padrão) que será utilizado na validação de métodos, dando maior credibilidade aos laudos periciais.

Após a validação dos métodos para análise de cocaína nos CG/MS, a Coordenadoria-Geral de Perícias (CGP), através da DQT/IALF, participou de dois Ensaios de Proficiência em Drogas⁷ elaborados pelo Inmetro e pela Polícia Federal, através Programa de Ensaios de Proficiência em Análise Forense e em ambos foram obtidos aproveitamento de 100%.

As pesquisas desenvolvidas através do acordo de cooperação com a UFMS proporcionaram reconhecimento nacional e internacional no campo científico e tecnológico do

⁵ Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123873> > Acesso em 14/07/2023.

⁶ Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107853> > Acesso em 14/07/2023.

⁷ <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-cientifica/servicos/ensaios-de-proficiencia/analise-forense/drogas>

Estado de Mato Grosso do Sul e aumento da confiabilidade e credibilidade dos resultados emitidos nos laudos periciais sem que houvesse investimento financeiro expressivo.

A diferente realidade entre o mundo acadêmico, que se utiliza de substâncias com alto grau de pureza e em grande quantidade para o desenvolvimento de suas pesquisas, e a prática forense, que se utiliza de substâncias que, normalmente, apresentam-se em quantidades ínfimas ou misturadas/contaminadas com agentes químicos característicos do local de crime, foi o principal obstáculo encontrado para iniciar as pesquisas.

Através dos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos no serviço pericial e dos conhecimentos científicos na elaboração de pesquisas foi possível a realização do trabalho em equipe, em que cada aluno de pós-graduação contava com a orientação do pesquisador do InQui/UFMS e a co-orientação do Perito Criminal Evandro Rodrigo Pedão da DQT/IALF/CGP/SEJUSP/MS, assim, o desenvolvimento dos trabalhos em todas as linhas de pesquisa era realizada de forma coordenada entre as duas realidades.

No Brasil existem apenas duas universidades com graduação em química com ênfase em química forense: Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Universidade de São Paulo – Campus de Ribeirão Preto (USP-Ribeirão), mesmo assim, essas universidades possuem estagiários nos institutos de perícias de suas regiões com o intuito de aprimorar o aprendizado relacionado às práticas periciais já existentes.

O acordo de cooperação com a UFMS também proporciona o aprimoramento prático da química forense aos acadêmicos, porém, a inovação do projeto se baseia na elaboração de novas metodologias de baixo custo para análises de substâncias na área forense que podem ser adotadas pelas perícias do mundo todo.