

## Exame forense de obras de artes do pintor Ivan Serpa

N. Thaumaturgo <sup>a</sup>, R.S. Liarth <sup>a</sup>, A.P. Oliveira <sup>a</sup>, T.J.N.A. Fialho <sup>a</sup>, C.R.F. Souza <sup>a</sup>,  
D. Guimarães <sup>a</sup>, A.L.C. Oliveira <sup>b</sup>, V.S. Felix <sup>b</sup>, A.R. Pimenta <sup>b</sup>, M.B. Oliveira <sup>b</sup>,  
M.A. Oliveira <sup>b</sup>, R.P. Freitas <sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Criminalística Carlos Éboli, Departamento Geral de Polícia Técnico-Científica, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>b</sup> Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Paracambi (RJ), Brasil

\*Endereço de e-mail para correspondência: [renato.freitas@ifrj.edu.br](mailto:renato.freitas@ifrj.edu.br) Tel.: +55-21-2683-9735.

Recebido em 03/08/2022; Revisado em 08/02/2023; Aceito em 15/02/2023

### Resumo

Neste trabalho é apresentado os resultados do exame forense de três obras de arte questionadas atribuídas inicialmente ao pintor carioca Ivan Serpa. As obras investigadas foram apreendidas em uma operação policial realizado por agentes da Polícia Civil do estado do Rio de Janeiro. Sendo a investigação forense realizada no Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil do Rio de Janeiro (ICCE/PCERJ). Foram empregados três métodos para o exame forense das pinturas: avaliação merceológica, estudo grafotécnico e análise físico-química. Os resultados das telas questionadas foram comparados com obras de arte autênticas de Ivan Serpa. Os resultados dos três exames mostraram grandes divergências entre as obras questionadas e autênticas, indicando que são artefatos contrafeitos. O estudo foi realizado através de uma parceria entre o ICCE/PCERJ e o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ). O IFRJ possui experiência na investigação de artefatos do patrimônio histórico-cultural por análises físico-químicas, logo este trabalho além de permitir solucionar um caso judicial possibilitou implementar no ICCE/PCERJ uma metodologia de investigação forense de obras de arte.

**Palavras-Chave:** Obras de arte; Avaliação merceológica; Exame grafotécnico; Análise físico-química.

### Abstract

This work presents the results of the forensic examination of three questioned artworks attributed to the Brazilian painter Ivan Serpa. The investigated paintings were seized in a police operation carried out by agents of the Civil Police of the state of Rio de Janeiro. The forensic investigation was carried out at the Carlos Éboli Institute of Criminalistics of the Civil Police of Rio de Janeiro (ICCE/PCERJ). Three methods were used for the forensic examination of the paintings: merceological evaluation, graphotechnical study and physicochemical analysis. The results of the questioned paintings were compared with authentic artworks from Ivan Serpa. The results of the three examinations showed large discrepancies between the questioned and authentic paintings, indicating that they are counterfeit artifacts. The study was carried out through a partnership between ICCE/PCERJ and the Federal Institute of Rio de Janeiro (IFRJ). The IFRJ has experience in the investigation of historical-cultural heritage artifacts by physicochemical analysis, so this work, in addition to allowing the solution of a judicial case, made it possible to implement in ICCE/PCERJ a methodology for forensic investigation of artworks.

**Keywords:** Artworks; Merceological evaluation; Graphotechnical study; Physicochemical analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, estima-se que 30% a 40% de todas as obras de arte existentes sejam falsas ou erroneamente atribuídas, gerando um flagelo que movimenta cerca de seis bilhões de dólares anualmente [1]. Devido aos altos valores movimentados nesse mercado, crimes envolvendo

obras de arte como falsificação e lavagem dinheiro tem aumentado em estados como o Rio de Janeiro. Este fato é confirmado pelo setor de merceologia do Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil do Rio de Janeiro (ICCE/PCERJ), que ao longo 2021 teve uma demanda crescente de solicitações para perícias em obras de artes e outros artigos de luxo como joias [2].

No exame forense de obras de arte comumente são realizados avaliação pecuniária, estudo artístico, grafotécnico e exames físico-químicos. Os resultados das análises físico-químicas são dados matemáticos que podem ser reproduzidos e confrontados objetivamente. Além disso, os resultados permitem levantar os materiais empregados no processo de criação da tela, como pigmentos, aglutinantes e vernizes [3].

Levando em consideração que o processo de criação de uma obra leva em conta a preparação das tintas, que inclusive podem ser misturadas para atingir certas tonalidades, é comum um artista ao longo de sua trajetória, escolher certos materiais e desenvolver metodologias próprias de preparo de suas tintas. Essas características fazem com que a paleta de pigmentos de dado pintor, seja única e de difícil reprodução [4]. Logo tendo como base a singularidade da paleta, aliado ao fato que esta será replicada em diferentes telas do artista, especialmente as produzidas em série, os resultados de análises físico-química obtidos em obras de arte possuem grande potencial de contribuir para verificação de autenticidade de pinturas. Sendo fundamental neste caso, comparar os dados registrados de uma tela suspeita com uma original do artista.

Apesar das vantagens de empregar métodos físico-químicos no exame forense de obras de arte, existem alguns desafios para implementar esta metodologia nas polícias científicas do Brasil. Um destes desafios é a necessidade de uma instrumentação adequada para as análises. Sendo um dos quesitos a portabilidade, que permite realizar análises *in situ*. Outro requisito fundamental são equipamentos que realizam análises não destrutivas, pois obras de arte comumente possuem considerável valor monetário, por isso a extração mesmo de microamostra deve ser evitada, para não causar danos a materialidade da pintura. Outro desafio, se relaciona a *expertise* para a interpretação dos resultados das análises, pois trata-se de um campo de conhecimento, ainda em expansão inclusive no meio acadêmico brasileiro.

Os avanços tecnológicos ocorridos especialmente nas duas últimas décadas, possibilitaram o surgimento de diferentes instrumentos de análise físico-químicas portáteis, que realizam análises não destrutivas [5-7]. Dentre as técnicas disponíveis destacam-se a Fluorescência de Raios X (XRF), Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia Ótica (MO), cuja utilização combinada pode prover muitas informações sobre a composição de uma tela. A disponibilidade comercial desses instrumentos, auxilia sanar as problemáticas descritas acima. Entretanto, apesar das facilidades que existem atualmente para operar estes equipamentos, é fundamental que as polícias científicas do Brasil se aproximem de grupos de pesquisa,

que dominam esta área, para que sejam realizados transferência de conhecimento.

Seguindo a estratégia mencionada acima, o ICCE/PCERJ e o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), que possui um Laboratório Móvel dedicado à análise de obras de arte, formalizaram recentemente um acordo de cooperação técnico-científica, que visa realizar ações, para promover o exame forense de obras de arte no estado do Rio de Janeiro. Desde então, peritos do ICCE/PCERJ e pesquisadores do IFRJ, estão cooperando em casos que requerem exames forenses em obras de arte. Neste trabalho serão apresentados e discutidos os resultados de exames físico-químico realizados em telas do pintor Ivan Serpa. Foram analisadas pelas técnicas de XRF, FTIR e MO, três telas suspeitas provenientes de ações criminosas e duas autênticas. Também foram realizadas análises grafotécnicas das assinaturas das telas questionadas e um estudo de avaliação merceológica. Os exames realizados, além de contribuir com a investigação forense das pinturas, também foram fundamentais para realizar intercâmbio de conhecimento entre peritos e pesquisadores.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais e Histórico da ocorrência

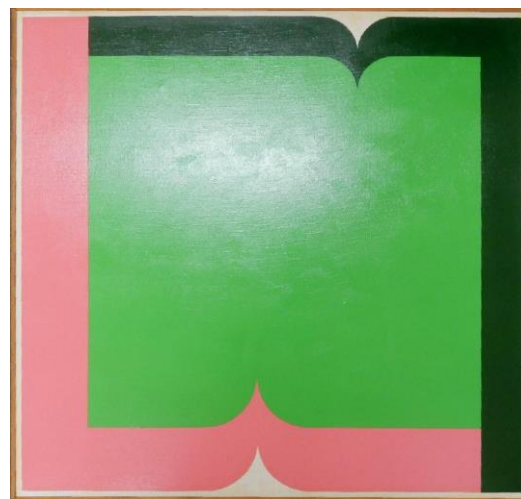
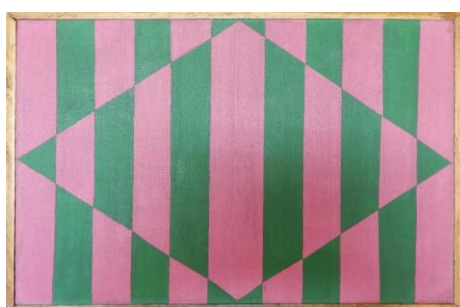


Figura 1. Tela questionada 1 (85cm x 85cm).

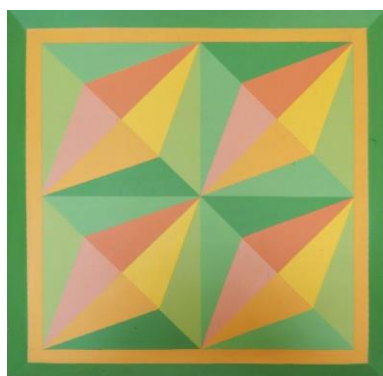
Foram analisadas três telas questionadas atribuídas ao pintor Ivan Serpa, vistas nas Figuras 1-3. As telas foram apreendidas em uma operação realizada pela 10ª Delegacia de Polícia, localizada em Botafogo, Rio de Janeiro, no dia 04 de março de 2021. Essa operação teve como origem a denúncia de um cidadão, que alegou ter sido vítima de um possível crime de estelionato, cometido mediante a tentativa de venda de obras de arte falsificadas. A vítima foi atraída por e-mails promocionais do site “leilõesBR”, informando que haveria um leilão on-

line. Entretanto, antes de realizar qualquer pagamento, a vítima realizou contato com os responsáveis do leilão, solicitando ver presencialmente as obras de arte. Sendo que nessa inspeção, a vítima desconfiou da autenticidade das obras e por isso registrou uma ocorrência junto à autoridades policiais.

Após a ocorrência, agentes de polícia foram até o local físico indicado pela vítima, onde presenciaram transações financeiras suspeitas, como falta de notas fiscais ou atestados de autenticidade das obras. Diante desta situação os agentes de polícia apreenderam as telas suspeitas e realizaram a prisão dos mantenedores do local. Em seguida os quadros foram enviados, para o ICCE/PCERJ, onde foram realizados os exames forenses, inclusive as análises físico-químicas.



**Figura 2.** Tela questionada 2 (23cm x 35cm).



**Figura 3.** Tela questionada 3 (51cm x 51cm).



**Figura 4.** Telas autênticas analisadas.

De acordo os estudos, executados pelos Peritos e pesquisadores, foi possível delimitar que o processo de criação das três telas estaria compreendido entre 1960-

1970, período em que Ivan Serpa trabalhou na produção das séries Amazônica e Mangueira. Esses estudos foram realizados com base em informações, que constam na literatura como catálogos e biografias de obras de Ivan Serpa e entrevistas com especialistas sobre a produção do pintor [8-10].

Com a delimitação do período de produção das telas suspeitas, foram analisadas duas telas autênticas, pertencentes à série Amazônica, como padrão de comparação. Essa autenticidade das telas padrões são baseadas em documentos, que constam em catálogos raisonné ou certificados de autenticidades. As telas utilizadas como padrão, apresentadas na **Figura 4**, fazem parte da coleção de uma galeria em Ipanema, Rio de Janeiro, onde os exames físico-químicos foram realizados.

## 2.2. Métodos

As análises por XRF foram realizadas utilizando um sistema portátil modelo TRACER SD IV da Bruker, que possui um tubo de raios X de ródio (Rh). Foram coletados espectros de XRF em diferentes pontos das telas, com o tubo operando com corrente de 10  $\mu$ A e tensão 40 kV. Sendo o espectro de cada ponto coletado durante 30 s.

As análises de FTIR ocorreram utilizando o sistema portátil modelo Alpha II da Bruker. Os espectros de pseudo-absorbância ( $\log 1/R$ ), foram coletados utilizando um acessório de refletância externa, na região do infravermelho médio ( $400-6000 \text{ cm}^{-1}$ ), empregando a resolução de  $4 \text{ cm}^{-1}$ .

As imagens de MO foram coletadas no microscópio estereoscópico modelo SZX 16 da Olympus, em diferentes ampliações.

Um estudo estatístico multivariado por análise de componentes principais (PCA), foi realizado com os dados de XRF. Este estudo foi realizado por permitir verificar similaridades e diferenças entre os dados de XRF dos artefatos analisados [11,12]. O PCA foi realizado utilizando os dados das contagens dos espectros de XRF sem qualquer pré-tratamento, sendo a planilha de dados inserida no *software* The Unscrambler X.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Avaliação Merceológica

O estudo merceológico foi realizado adotando uma metodologia descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que descreve procedimentos mercadológicos para bens do patrimônio histórico-cultural [13]. Seguindo esta normatização, a avaliação de uma obra de arte deve ser fundamentada em preços de obras avulsas assemelhadas, obtidos em leilões de obras de arte, ou na sua citação em livros de história da arte.

Neste caso, a avaliação deve considerar a fase do autor que corresponde a obra ou sua época de realização, para apuração mais aproximada possível do valor de mercado que esta obra atingiria se fosse possível a sua venda isolada. Destaca-se, que essa estimativa leva em consideração o efeito artístico da obra, independentemente de sua dimensão.

Os valores das obras questionadas foram obtidos em pesquisas e através do depoimento dos envolvidos. Para realizar o estudo mercadológico comparativo com valores de telas autênticas, foi necessário limitar o período e a

característica estilística de cada obra questionada. A tela questionada 1 (Figura 1), possui características da “Série Amazônica”, produzida pelo pintor Ivan Serpa. Enquanto as telas questionadas 2 e 3 (Figuras 2 e 3), possuem características da “Série Mangueira”, período em que foi comum o artista utilizar as cores verde e rosa. Ambas as séries ocorreram ao longo da década de 1960 até início da década de 1970 [14,15]. Ivan Serpa também é conhecido pelo uso de diferentes materiais em sua pintura, tendo neste período produzido telas com as técnicas óleo e acrílico.

**Tabela 1.** Comparações de preços entre as telas questionadas e autênticas. Os valores dos últimos lances dos leilões foram obtidos nos arquivos da Bolsa de Arte do Rio de Janeiro [16].

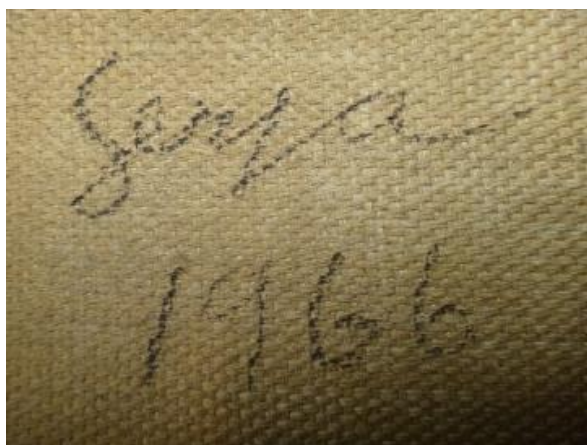
Autor	obra	datação	data leilão	valor
Ivan Serpa/ Série Amazônica	questionada 1 (Fig. 1A)	-	-	US\$ 600,00
	Série Amazônica n. 5	1968	20/08/2009	US\$ 85.165,00
	Série Amazônica n. 6	1968	07/12/2021	US\$ 68.570,00
Ivan Serpa/ Série Mangueira	questionada 2 (Fig. 2A)	-	-	US\$ 400,00
	questionada 3 (Fig. 2A)	-	-	US\$ 600,00
	Sem título	1965	01/09/2011	US\$ 61.200,00
	Sem título	1970	19/05/2009	US\$ 102.270,00
	Sem título	1972	26/04/2012	US\$ 42.631,00

A partir da delimitação do período das telas questionadas, foi possível levantar os valores de obras autênticas do mesmo período negociada em leilões [16]. A Tabela 1 apresenta o comparativo dos valores das telas questionadas e autênticas de cada artista. Como pode ser visto pela tabela, as telas questionadas possuem valores mercadológicos inferiores a 10 %, das telas autênticas do pintor. Ressalta-se, a inviabilidade econômica de uma empresa especializada (galeria de artes) comercializar produtos com preços proporcionalmente tão abaixo dos valores de mercado da atualidade. Além disso, esses baixos valores são típicos na comercialização de bens contrafeitos.

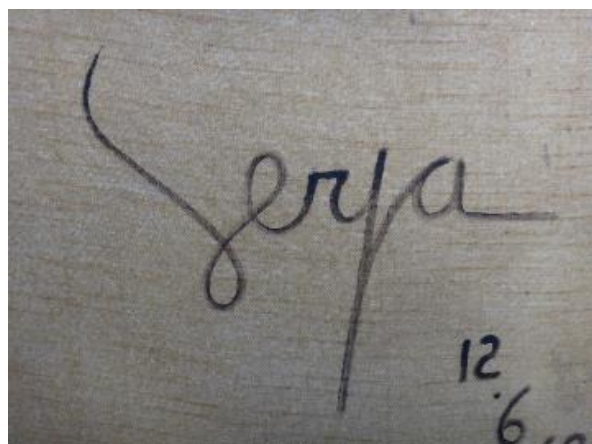
### 3.2. Exame Grafotécnico

A realização do exame grafotécnico objetiva determinar a autenticidade, ou não, de uma escrita, tendo como método o confronto direto entre padrões gráficos e manuscritos questionados, utilizando-se instrumental óptico com variados graus de ampliação, tais como lupas e máquina fotográfica com lente macro, a fim de serem identificados os hábitos gráficos, ou seja, as características objetivas e subjetivas dos punhos escritores. Tais hábitos gráficos, formadores da morfogênese representam os elementos discriminadores da escrita, como inclinação axial, forma, calibre, ataques e remates dos caracteres, relações de proporcionalidade, entre outros, associados ao dinamismo e à qualidade das construções dos símbolos, permitindo distinguir os punhos escritores.





**Figura 5.** Assinatura da obra autêntica.



**Figura 6.** Assinatura da obra questionada.

Na análise de assinaturas em obras de arte considera-se, por exemplo, em maior ou menor grau, os mesmos critérios utilizados na avaliação de um grafismo exarado no suporte convencional, papel, com uso do instrumento escrevente como a caneta esferográfica. De acordo com Samuel Feuerharmel [17], a metodologia proposta envolve as etapas de análise, comparação e avaliação. Nestas etapas o perito busca observar os elementos discriminadores do punho escritor, tanto nos padrões gráficos quanto nos manuscritos questionados. Estes elementos são considerados de grande relevância, principalmente se obedecerem aos critérios de constância, raridade e imperceptibilidade.

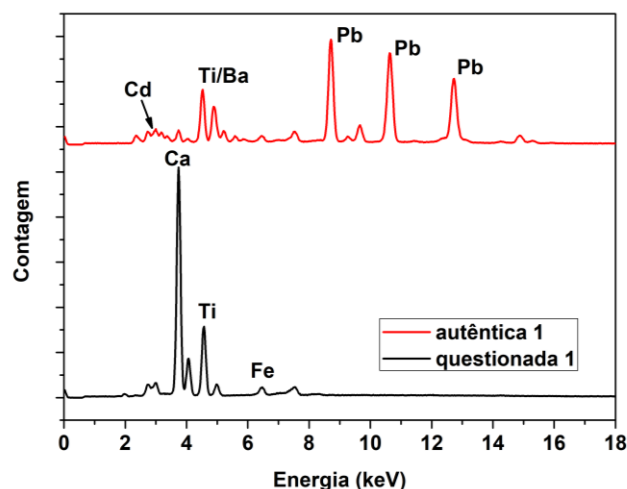
Em relação aos padrões gráficos, afirma José Del Picchia Filho [18], que os padrões são obrigatórios e, em regra, devem satisfazer a quatro requisitos: autenticidade, contemporaneidade, adequabilidade e quantidade. Entretanto, devem ser consideradas as particularidades destes requisitos, devendo o perito avaliar casos singulares, pois nem sempre haverá a possibilidade de atender a todos os critérios.

Neste trabalho os padrões gráficos de Ivan Serpa foram obtidos das telas autênticas vistas na Figura 4, sendo que o pintor tinha hábito de assinar no verso de

suas obras. O confronto das assinaturas padrões presentes nas obras autênticas com as questionadas (Figuras 5 e 6) revelou acentuadas divergências gráficas entre elas, indicando que não emanaram do punho escritor do artista Ivan Serpa.

### 3.3. Análises Físico-Químicas

Em todas as telas questionadas, os espectros de XRF levantados, apresentaram somente Ca, Ti e Fe. Sendo Ca e Ti os elementos majoritários e Fe minoritário. E a única diferença entre os espectros das telas questionadas foi em relação a intensidade dos elementos.

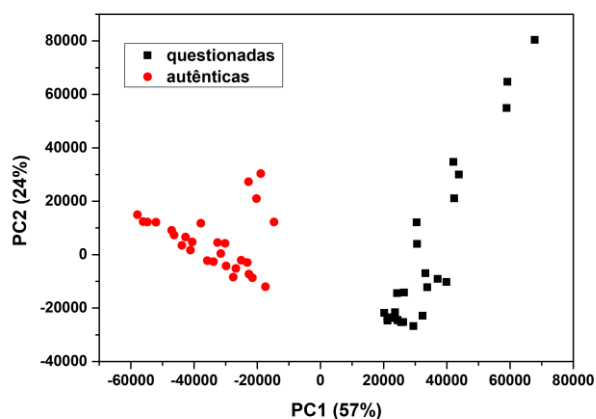


**Figura 7.** Espectros de XRF coletados na tela autêntica e questionada.

Nas telas autênticas foram detectados em todos os pontos, onde foram registrados espectros de XRF, os elementos Ca, Ti, Zn e Pb. A presença desses elementos em todos os pontos coletados, indica a utilização de uma camada de preparação que contém materiais como calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), branco de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), branco de zinco ( $\text{ZnO}$ ) e branco de chumbo ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ ) [3,19]. A aplicação dessa camada de preparação, que comumente é realizada com pigmentos brancos, tem como função tornar mais clara a preparação da camada pictórica [20-22]. Além disso, a utilização de materiais a base de chumbo na camada de preparação, auxiliam o processo secativo da obra [3,21]. Também foram caracterizados nas regiões de tonalidade branca o Ba, que pode ser associado aos pigmentos branco barita ( $\text{BaSO}_4$ ) e/ou litopone ( $\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$ ). Já nas regiões de tonalidade amarela foi detectado Cd, que pode ser associado ao pigmento amarelo de cádmio ( $\text{CdS}$ ). Enquanto, nas regiões vermelho foi detectado Hg, que pode ser correlacionado ao vermelhão ( $\text{HgS}$ ) [23].

A comparação dos resultados de XRF das telas questionadas e autênticas indicam, diferenças no processo de criação e materiais empregados. Essas diferenças ficam

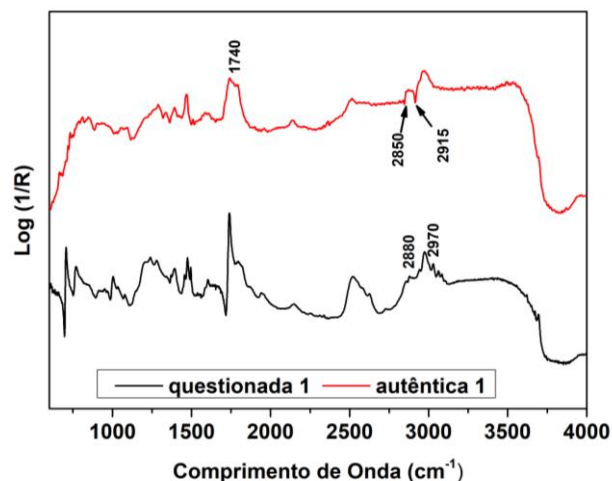
visíveis na comparação direta entre os espectros de XRF das telas questionadas e autênticas (Figura 7). Entretanto, para investigar melhor essas diferenças, os dados de XRF coletados em ambos os grupos das obras de arte foram submetidos a uma Análise de Componentes Principais (PCA). Trata-se de um método amplamente difundido na investigação de similaridades e diferenças de artefatos do patrimônio histórico cultural, a partir de dados analíticos [11,24-26]. Neste trabalho o PCA foi realizado empregando os dados dos espectros de XRF coletados nas telas autênticas e questionadas. Como cada espectro possui informações distribuídas em 2048 canais, os 30 espectros coletados nas telas questionadas e 28 das autênticas foram alocados para formar uma matriz de dados com dimensão de 58×2048. O resultado do método é apresentado no gráfico dos *scores* visto na Figura 8. No gráfico os dados de XRF coletados nas telas autênticas se separam das obras questionadas, confirmando assim a distinção dos materiais empregados nas obras.



**Figura 8.** Gráfico dos *scores* do PCA, onde é possível visualizar a separação entre os dados de XRF das telas questionadas e autênticas.

As análises por FTIR e MO confirma as diferenças entre as telas autênticas e questionadas. Pois nos espectros coletados nas telas questionadas a banda da carbonila (C=O) ao redor da posição  $1740\text{ cm}^{-1}$ , aparece com alta intensidade e afiada, enquanto na autêntica aparece alargada e intensidade moderada. Já na região entre  $2800\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ , que indicam bandas associadas as ligações CH, também são visualizadas diferenças, pois nos espectros coletados nas telas autênticas são observadas bandas invertidas e afiadas, enquanto nas questionadas, essas bandas são positivas e de moderada intensidade. Essas diferenças demonstram que o aglutinante dos pigmentos utilizado nas telas questionadas é diferente das telas autênticas. Sendo possível inferir através das bandas e formato que nas telas questionadas foi utilizado um aglutinante acrílico, enquanto nas autênticas óleo [27]. Na Figura 9 é apresentando o espectro de FTIR das telas questionada 1 e autêntica 1. Já as imagens por MO

apresentadas na Figura 10 permitem visualizar nas telas autênticas ranhuras, que possivelmente foram causadas pelo pincel. Enquanto nas telas questionadas visíveis essas ranhuras, elas apresentam um aspecto morfológico liso. Esse aspecto liso, remete a uso por exemplo de um rolo de pintura, ou até mesmo um outro processo como impressão. Essas imagens corroboram a distinção, que existe no processo de criação entre as obras autênticas e suspeitas.



**Figura 9.** Espectros de FTIR coletados na tela autêntica e questionada.

#### 4. CONCLUSÕES

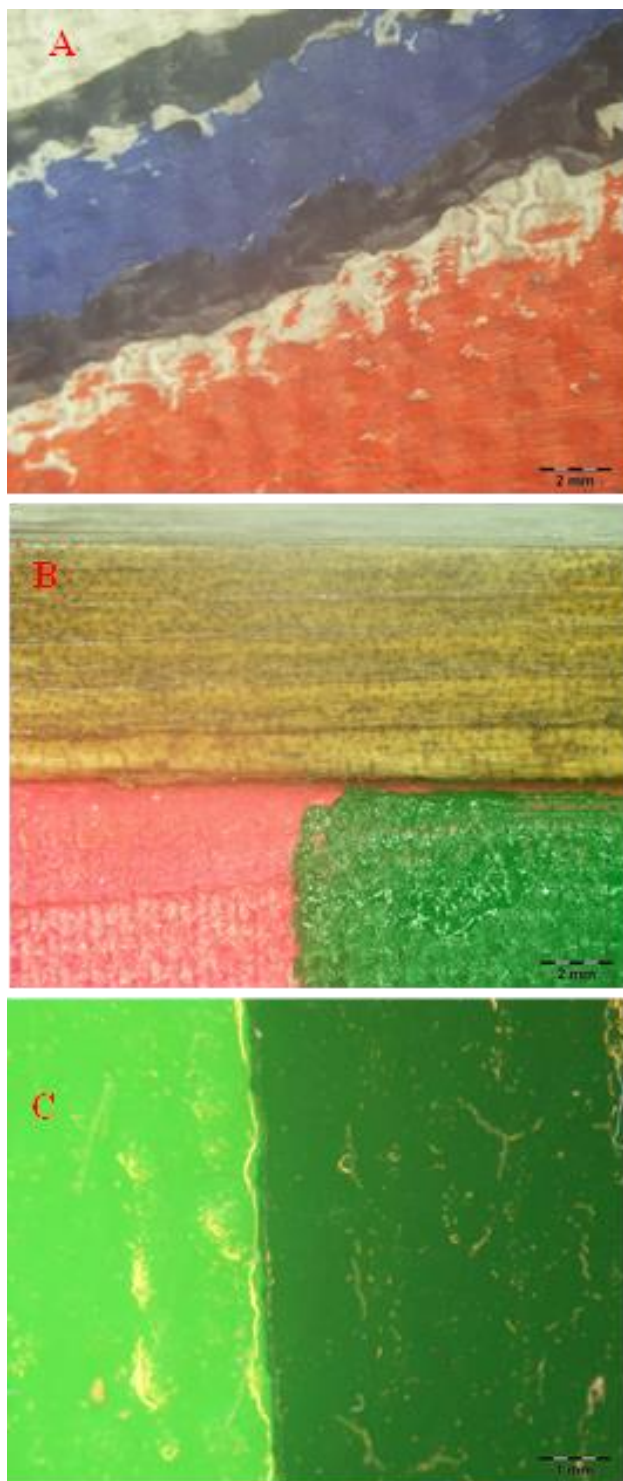
Através do método utilizado foi possível verificar diferenças entre as telas questionadas e autênticas. Os resultados das análises físico-químicas das telas autênticas indicam o uso de materiais e um método de criação, que diferem das telas questionadas, por exemplo, o uso de uma camada de preparação e materiais, não detectados nas telas questionadas.

Em relação a avaliação merceológica das telas questionadas foram encontrados resultados típicos dos esperados na comercialização de bens contrafeitos. Ressalta-se ainda, a inviabilidade econômica de uma empresa especializada (galeria de artes) que comercializasse produtos com preços proporcionalmente tão abaixo dos valores de mercado da atualidade.

Já avaliação grafotécnica também revelou discrepâncias entre assinaturas questionadas em relação às constantes em telas autênticas de Ivan Serpa, indicando que não emanaram do punho do pintor.

Esses resultados demonstram que as três telas questionadas são artefatos contrafeitos.

Além dos resultados obtidos, destaca-se que a execução deste trabalho permitiu a implementação de um método de investigação forense em obras de arte no ICCE/PCERJ, tendo sido realizado por uma parceria bem-sucedida com uma instituição pesquisa e ensino.



**Figura 10.** Imagens de MO: autêntica 1 (A); questionada 1 (B); questionada 2 (C).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro através dos projetos E26/210.143/2022, E26/290.023/2021, E26/290.066/2018, E26/204.040/2021 e E26/202.672/2018.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Perino, A obra de arte frente ao perito: a falsificação na história da arte [Do século XIII ao início do século XX-1ª. Parte], *Rev. Restauro*, 4, 30, 202.
- [2] J. Extra, Polícia Civil firma acordo com IFRJ para perícia em obras de arte e joias, (n.d.). <https://extra.globo.com/noticias/extra-extra/policia-civil-firma-acordo-com-ifrj-para-pericia-em-obras-de-arte-joias-25345988.html>.
- [3] C. Calza, Desenvolvimento de Sistema Portátil de Fluorescência de Raios-x com Aplicações em Arqueometria, Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Nuclear, 2007.
- [4] C. Calza, M.O. Pereira, A. Pedreira, R.T. Lopes, Characterization of Brazilian artists' palette from the XIX century using EDXRF portable system, *Appl. Radiat. Isot.* 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2009.10.049>.
- [5] C. Miliani, F. Rosi, B.G. Brunetti, A. Sgamellotti, In Situ Noninvasive Study of Artworks: The MOLAB Multitechnique Approach, *Acc. Chem. Res.* **43**, 728-738, 2010.
- [6] B. Brunetti, C. Miliani, F. Rosi, B. Doherty, L. Monico, A. Romani, A. Sgamellotti, Non-invasive investigations of paintings by portable instrumentation: The MOLAB experience, *Top. Curr. Chem.* **374**, 1-35, 2016.
- [7] R.P. Freitas, Aplicações de Técnicas Nucleares e Espectroscopia Molecular em Arqueometria, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- [8] H.M.D. Ferreira, Ivan Serpa: o "expressionista concreto", Editora da Universidade Federal Fluminense, 1996.
- [9] E.M.F. Cunha, Grupo Frente e Experimentalismo emergente de Lygia Pape, Lygia Clark e Hélio Oiticica, *Arte & Ensaios*, **1**, 39-52, 1994.
- [10] B.B. Fuks, Do construtivismo à figuração do desvario pulsional: Ivan Serpa no CCBB, *Trivium-Estudos Interdiscip.* **12**, 126-129, 2020.
- [11] R.P. Freitas, C. Calza, T.A. Lima, A. Rabello, R.T. Lopes, EDXRF and multivariate statistical analysis of fragments from Marajoara ceramics, *X-Ray Spectrom.* **39**, 307-310, 2010.
- [12] I.T. Jolliffe, Principal Component Analysis, Springer Verlag, 1986.
- [13] S. Harger, Valoração Econômica do Patrimônio Histórico, 2019.
- [14] M.L.C. Helio Marcio Dias Ferreira, IVAN SERPA: A EXPRESSAO DO CONCRETO, 1ªED., 2020.
- [15] M.A.H.S.C. Branco, others, A experimentação das vanguardas brasileiras no pós-guerra: conceito e materialidade, 2019.
- [16] Bolsa de Arte (n.d.). <https://www.bolsadearte.com/>.
- [17] S. Feuerharmel, Análise grafoscópica de assinaturas, Campinas. SP Millenn. Ed. 272, 2017.
- [18] J. Del Picchia Filho, C.M.R. Del Picchia, A.M.G. Del Picchia, Tratado de Documentoscopia: da falsidade documental. 2ªedição, Ed. Pillares. 400-401, 2006.
- [19] M.C. Caggiani, A. Cosentino, A. Mangone, Pigments Checker version 3.0, a handy set for conservation scientists: A free online Raman spectra database,

*Microchem. J.* **129**, 123-132, 2016.

[20] R.P. de Freitas, Aplicações de técnicas nucleares e espectroscopia molecular em arqueometria, 189, 2014.

[21] V.S. Felix, U.L. Mello, M.O. Pereira, A.L. Oliveira, D.S. Ferreira, C.S. Carvalho, F.L. Silva, A.R. Pimenta, M.G. Diniz, R.P. Freitas, Analysis of a European cupboard by XRF, Raman and FT-IR, *Radiat. Phys. Chem.* **151**, 198-204, 2018.

[22] L.N.C. Castro, Análise de camadas e misturas de pigmentos em obras de artes utilizando a técnica  $K\alpha/K\beta$  por fluorescência de raios X, 2019.

[23] I.M. Bell, R.J.H. Clark, P.J. Gibbs, Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre-~ 1850 AD), *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, 1997. [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(97\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(97)00140-6).

[24] R.P. Freitas, Análise de fragmentos de tangas de cerâmica Marajoara utilizando sistema portátil de Fluorescência de Raios X e estatística multivariada, Programa de Engenharia Nuclear, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

[25] V.S. Felix, M.O. Pereira, R.P. Freitas, P.J.M. Aranha, P.C.S. Heringer, M.J. Anjos, R.T. Lopes, Analysis of silver coins from colonial Brazil by hand held XRF and micro-XRF, *Appl. Radiat. Isot.* **166**, 109409, 2020.

[26] R.P. Freitas, I.M. Ribeiro, C. Calza, A.L. Oliveira, M.L. Silva, V.S. Felix, D.S. Ferreira, F.A. Coelho, M.D. Gaspar, A.R. Pimenta, E.A. Medeiros, R.T. Lopes, Analysis of clay smoking pipes from archeological sites in the region of the Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil) by FT-IR, *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* **163**, 140-144, 2016.

[27] F. Rosi, A. Daveri, P. Moretti, B.G. Brunetti, C. Miliani, Interpretation of mid and near-infrared reflection properties of synthetic polymer paints for the non-invasive assessment of binding media in twentieth-century pictorial artworks, *Microchem. J.* **124**, 898-908, 2016.