

## **PROJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA EM PROCESSAMENTO DE IMAGEM NA ÁREA FORENSE: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA EM ANDAMENTO**

**Ronaldo F. Zampolo** – zampolo@ufpa.br

**Diego M. Carmo** – diego.carmo@itec.ufpa.br

**Hermeson B. Costa** – hermeson.costa@itec.ufpa.br

**Euripedes P. Santos** – epsantos@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia da Computação

UFPA/ITEC/EngComp - Av. Augusto Correa, 1

66075-110 – Belém - PA

**Adalbery R. Castro** – adalbery@ufpa.br

Centro de Perícias Científicas Renato Chaves

Rodovia Transmangueirão, s/n

66.640-000 – Belém - PA

**Resumo:** *Este trabalho trata de um projeto de extensão desenvolvido pela Faculdade de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em parceria com o Centro de Perícias Científicas “Renato Chaves” (CPC-RC), intitulado “Processamento Digital de Sinais Aplicado à Prática Forense: Verificação de Adulteração de Provas Digitais e Assinatura de Sistemas de Aquisição de Imagem”, que aborda o desenvolvimento e, sobretudo, a implementação de técnicas de processamento de sinais para auxiliar na verificação de adulteração e na identificação do equipamento de aquisição de imagens digitais. Tais recursos de análise são de grande interesse para a prática forense, pois concorrem para melhorar a qualidade e a presteza de atendimento nas requisições de perícia criminal. A justificativa para esse projeto reside na atual disseminação dos equipamentos de aquisição e na ampla disponibilidade de ferramentas para manipulação de imagens digitais. A referida disseminação dos sistemas de aquisição tem levado ao aumento da presença dessas imagens em processos criminais, ao mesmo tempo que o acesso e a fácil utilização de ferramentas de manipulação lançam dúvidas sobre a autenticidade do material apresentado. O presente trabalho enfatiza as ações adotadas no sentido de melhorar a transferência de conhecimento da equipe de desenvolvimento para os alunos de graduação em engenharia da computação da UFPA e sociedade.*

**Palavras-chave:** *Extensão universitária, Processamento de imagens, Verificação de adulteração de provas, Prática forense, Identificação de dispositivo*

### **1 INTRODUÇÃO**

Nascido da crescente demanda por perícia em imagem e vídeo digitais, bem como da carência de ferramentas técnicas apropriadas para a análise deste tipo de conteúdo nos institutos de criminalística do país, o projeto de extensão desenvolvido pela Faculdade de Engenharia da Computação (EngComp) da Universidade Federal do Pará (UFPA) intitulado “Processamento Digital de Sinais Aplicado à Prática Forense: Verificação de Adulteração de Provas Digitais e Assinatura de Sistemas de Aquisição de Imagem”, iniciado em março de

2010, e hoje na sua segunda edição, trata do desenvolvimento e, sobretudo, da implementação de técnicas de processamento de sinais para auxiliar na análise de imagens em aplicações forenses. O Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPCRC), autarquia estadual responsável pela perícia oficial no Estado do Pará, voltado à assistência aos usuários do Sistema de Segurança Pública (SEGUP), Ministério Público, Poder Judiciário e a sociedade em geral, é parceiro na iniciativa. O projeto concentra-se, no aspecto técnico, em dois pontos bem específicos em função das necessidades mais imediatas dos peritos do CPCRC: a verificação de adulteração de imagens digitais; e a identificação de câmeras. Contudo, as repercussões decorrentes desse projeto são bem mais amplas, graças a um conjunto de ações integradas executadas pela equipe de desenvolvimento. Em âmbito imediato, há uma substancial ampliação na formação profissional dos alunos bolsistas, mediante a consolidação de conhecimentos técnicos nas áreas de processamento digital de sinais e programação, bem como através do contato com a realidade de um ambiente de trabalho externo à instituição de ensino. É estimulada também a elaboração e apresentação de trabalhos em eventos técnicos com a finalidade de aprimorar as habilidades de comunicação desses bolsistas. No contexto do curso de graduação, busca-se facilitar a transferência de conhecimentos específicos por meio do desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso (TCC), palestras aos alunos, elaboração de material didático introdutório (cartilha) e inserção de conteúdo específico em disciplinas. Concorre-se, assim, para a formação de um engenheiro consciente dos problemas que a sociedade enfrenta e de como amenizá-los a partir do treinamento recebido. Em âmbito social, as consequências são também relevantes, dada à natureza e importância das atividades desenvolvidas pelo CPCRC, cujos peritos criminais passam a contar com ferramentas técnicas mais ágeis e adequadas para análise de provas digitais.

O presente trabalho faz um registro da experiência obtida com o desenvolvimento desse projeto de extensão, detalhando ações desde a sua concepção até o momento presente. Relaciona também as diretrizes adotadas para as etapas futuras de desenvolvimento.

O restante deste texto encontra-se organizado como se segue. Na Seção 2, é feita uma retrospectiva dos eventos que provocaram e justificaram a elaboração do projeto em questão. A Seção 3 apresenta uma breve introdução à abordagem adotada que utiliza a não uniformidade da foto-resposta (PRNU, do inglês *photo-response non uniformity*) do sensor de aquisição de imagem como recurso tanto para identificação de dispositivo quanto para verificação de adulteração de imagem. A Seção 4 trata da equipe de desenvolvimento, sua forma de atuação e atividades realizadas. Na Seção 5, são mostradas as etapas futuras previstas. Então, na Seção 6 são apresentadas as considerações finais e, em seguida, são relacionadas as referências bibliográficas.

## 2 RETROSPECTO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS TÉCNICOS

Esse projeto começa de maneira informal, aproximadamente, no ano de 2008, quando um doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da UFPA e também perito do CPCRC começou a relatar sua dificuldade em atender certas requisições de perícia que lhe chegavam às mãos. Face à crescente popularidade e baixo custo de sistemas de aquisição de imagens digitais (câmeras e celulares), o volume desse tipo de material digital anexado a processos criminais vinha aumentando muito. Ao mesmo tempo, a facilidade para se alterar tais imagens lançava dúvidas sobre sua autenticidade e, conseqüentemente, comprometiam sua validade como prova. Dentre as referidas solicitações, era frequente a necessidade de verificar a conexão entre câmeras apreendidas (suspeitas) e imagens obtidas em computadores, CDs e *pendrives*. A complexidade do problema e a demanda de tempo necessário para que os professores da área de processamento de imagens pudessem responder aos pedidos informais de colaboração do perito começou a dar forma ao projeto de extensão de que ora se trata. Contudo, outros fatores contribuíram para consolidar a decisão de investir

nesse projeto, dentre os quais pode-se citar: a importância da atividade desenvolvida pelo CPCRC para a sociedade paraense; a possibilidade de ampliação da formação do engenheiro da computação da UFPA; e a oportunidade de aprimorar os processos de transferência de conhecimento dos laboratórios de pesquisa para o ensino de graduação e sociedade. Assim, em 2009 é redigido um projeto de extensão, intitulado “Processamento Digital de Sinais Aplicado à Prática Forense: Verificação de Adulteração de Provas Digitais e Assinatura de Sistemas de Aquisição de Imagem”, que é submetido para avaliação e posteriormente contemplado com duas bolsas no edital do Programa Institucional de Bolsas de Extensão em 2010 (PIBEX 2010) da UFPA. Na oportunidade, foi de fundamental importância o contato prévio com a instituição parceira, neste caso o CPCRC, na definição de objetivos e prioridades a que o projeto deveria atender, conferindo consistência ao texto elaborado. Dessa maneira, ficou definido como objetivo técnico a implementação de um aplicativo para ser usado pelos peritos do CPCRC que os auxilie na análise de imagens e vídeos digitais, principalmente nas situações de: estabelecimento de conexão entre fotografia ou vídeo e equipamento de aquisição; e verificação de adulteração de imagens digitais. Na primeira situação citada, procura-se verificar se um(a) dado(a) vídeo (imagem) digital foi adquirido(a) por uma câmera específica. No segundo caso, é avaliado se um(a) vídeo (imagem) foi editado(a) após a aquisição original. No início de 2011, o projeto foi renovado por meio do PIBEX 2011.

### 3 A ABORDAGEM UTILIZADA

Dentre as diferentes estratégias encontradas nas publicações especializadas, optou-se pelo uso da PRNU do sensor de aquisição em função do seu potencial para ser adaptado a várias situações de análise forense da imagem (FARID, 2009). Tal PRNU pode ser considerada uma espécie de impressão digital da câmera fotográfica, presente em todas as imagens por ela adquiridas. A fim de ilustrar de que maneira a PRNU se insere nesse contexto de análise forense da imagem, tomar-se-á como exemplo a situação de identificação de dispositivo. A PRNU, decorrente do processo de fabricação de fotossensores, representa a diferença na capacidade dos elementos que compõem esses fotossensores em converter luz em sinal elétrico. A partir de imagens obtidas pela câmera sob suspeição (recomenda-se usar de 30 a 50 imagens) e de um modelo simplificado do processo de aquisição de imagem, estima-se a PRNU (Figura 1). Na Figura 2, é representado o processo de análise que tem como entradas a imagem suspeita e a PRNU estimada na etapa anterior. Da referida análise, resulta o pico de energia de correlação (PCE, do inglês, *peak to correlation energy*) que essencialmente verifica se a PRNU foi ou não detectada na imagem suspeita. Caso o valor do PCE esteja acima de um determinado limiar, considera-se que a imagem testada foi adquirida pela câmera associada à PRNU em questão (FRIDRICH, 2009). Pequenas alterações no sistema de análise, permitem usar a PRNU em verificação de adulteração de imagens digitais, dentre outras aplicações forenses.

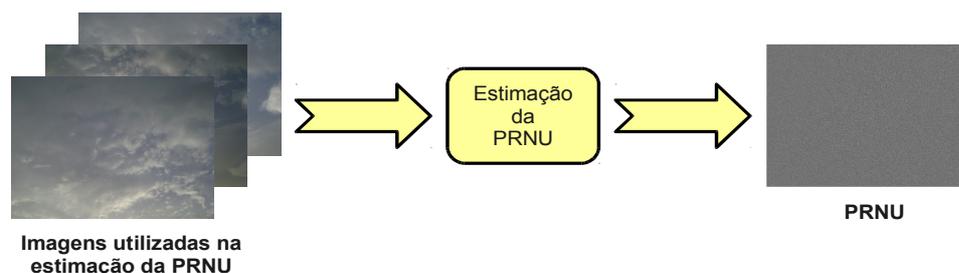


Figura 1 – Processo de estimativa da PRNU a partir de imagens obtidas pela câmera sob suspeição.

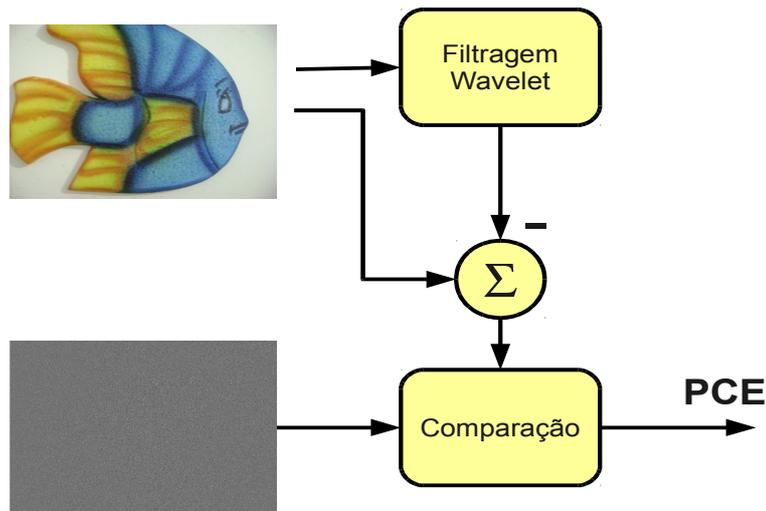


Figura 2 – Análise de identificação de câmera: imagem suspeita é processada e comparada com a PRNU estimada; o resultado da comparação é dado pelo PCE (do inglês, *peak to correlation energy*).

#### 4 EQUIPE, ORGANIZAÇÃO E AÇÕES DESENVOLVIDAS

O projeto conta com dois professores da EngComp/UFPA na função de coordenadores, um perito criminal do CPCRC como consultor, e dois graduandos em Engenharia da Computação. Ambos os alunos eram bolsistas PIBEX em 2010. Neste ano de 2011, um dos alunos continuou com bolsa do PIBEX e o outro foi contratado como estagiário do CPCRC.

A equipe se reúne semanalmente, oportunidade em que é verificado o andamento das atividades e são estabelecidas diretrizes de ação. Para as implementações em *software*, a equipe utiliza Matlab/Octave na fase de estudo e testes. Implementações definitivas, por questões de desempenho, são feitas em C/C++, com apoio das bibliotecas OpenCV (funções de processamento de imagens e visão computacional) e Qt (biblioteca gráfica). A equipe obteve sucesso na implementação de uma estratégia para identificação de dispositivo baseada em PRNU e realiza experimentos para investigar suas limitações. Também está em fase de desenvolvimento uma interface gráfica que facilite a utilização das técnicas implementadas pelos peritos do CPCRC, usuários principais do sistema.

Com o objetivo de ampliar o alcance do projeto, concebeu-se um conjunto de ações não restrito à equipe de desenvolvimento ou ao cronograma de execução imediatos. Nesse sentido, atualmente estão em andamento três TCCs de Engenharia da Computação, desenvolvidos por alunos de graduação, diferentes dos dois que integram a equipe do projeto, sobre sistemas computacionais de apoio à prática forense. A idéia de TCCs vinculados ao projeto tem por objetivos: ampliar a equipe de execução; agregar qualidade aos produtos entregues pelo projeto de extensão; produzir TCCs em que o conhecimento adquirido no curso de graduação seja aplicado na solução de necessidades reais; e difundir cultura e conhecimento específicos em análise de sinais aplicada à perícia criminal. Outra iniciativa de destaque no estímulo ao interesse pela área é a participação em eventos de caráter científico e técnico em âmbito da UFPA. Em 2010, a equipe participou da Semana do Instituto de Tecnologia da UFPA (SITEC 2010) e da Semana de Extensão da UFPA, apresentando o projeto e seus resultados preliminares em palestras à comunidade acadêmica. Neste ano de 2011, a equipe vem se dedicando também à elaboração de trabalhos para serem apresentados em eventos nacionais em que a experiência adquirida possa ser compartilhada e amadurecida pela contribuição de outros profissionais. A aprovação de trabalhos no XXIX Simpósio Brasileiro de

Telecomunicações (CARMO *et al.*, 2011) e no XXI Congresso Nacional de Criminalística (ZAMPOLO *et al.*, 2011) em 2011 é ilustrativa desse esforço.

## 5 DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Até o término do projeto em dezembro de 2011, estão previstos a implantação e o treinamento de usuários do sistema de auxílio na análise de imagens no CPCRC, contendo as duas funcionalidades principais estabelecidas no projeto, a saber: identificação de dispositivo e verificação de adulteração. Outras funcionalidades deverão fazer parte do sistema nessa primeira versão em decorrência de solicitação do CPCRC, tais como a visualização do cabeçalho do arquivo de imagem e a emissão de resultados em forma gráfica em editor de texto integrado para facilitar a geração de relatórios associados à análise. Está prevista também a redação de material instrucional sobre as técnicas usadas no sistema, com a finalidade de servir de apoio a professores e alunos do curso de engenharia da computação, uma vez que o trabalho desenvolvido possui fortes interseções com as áreas de processamento de sinais, engenharia e desenvolvimento de *software*, probabilidade e estatística.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado um relato de experiências referentes a um projeto de extensão desenvolvido pela Faculdade de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará em parceria com o Centro de Perícias Científicas “Renato Chagas” na área de processamento digital de imagens aplicado à área forense. O trabalho fez um retrospecto dos eventos que provocaram a elaboração desse projeto, abordou resumidamente os aspectos técnicos, e enfatizou as ações que têm por objetivo promover a transferência de conhecimento para o curso de graduação e melhoram a integração entre universidade e sociedade.

### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Pará, bem como ao Centro de Perícias Científicas Renato Chaves, pelo apoio e financiamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMO, D.M.; COSTA, H.B.; ZAMPOLO, R.F.; SANTOS, E.P.; CASTRO, A.R. Avaliação de desempenho de técnica para identificação de dispositivo de aquisição baseada em PRNU com diferentes tipos de imagens de teste. **Anais: XXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações**. Curitiba: PR, 2011.

FARID, H. Image Forery Detection: A survey. **IEEE Signal Processing Magazine**, v.26, n.2, p. 16-25, 2009.

FRIDRICH, J. Digital Image Forensics: Introducing methods that estimate and detect sensor fingerprint. **IEEE Signal Processing Magazine**, v.26, n.2, p. 26-37, 2009.

ZAMPOLO, R.F.; CARMO, D.M.; COSTA, H.B.; SANTOS, E.P.; CASTRO, A.R. Estratégia para definição de limiar de decisão em identificação de dispositivo de aquisição de imagem baseada em PRNU. **Anais: XXI Congresso Nacional de Criminalística**. Gramado: RS, 2011.

## **UNIVERSITY EXTENSION PROJECT ON FORENSIC IMAGE PROCESSING: REPORT OF AN ONGOING EXPERIENCE**

***Abstract:** This work addresses a university extension project developed by the Computer Engineering Department of the Federal University of Pará (Brazil) into partnership with the Forensic Center “Renato Chaves”, whose title is “Digital Signal Processing Applied to Forensics: Verification of Image Tampering and Imaging System Fingerprint” that aims at the development and implementation of signal processing techniques to help image tampering verification as well as device identification. Both topics are appealing, once such techniques improve quality and decrease response time regarding forensic tasks. The referred project is justified due to the current widespread use of imaging devices and availability of easy image edition tools, making, on one side, digital images increasingly present in criminal processes, and, on the other side, making their authenticity questionable. This work emphasizes actions taken towards the improvement of knowledge transfer from development team to computer engineering undergraduate students and society.*

***Key-words:** University extension, Image processing, Proof integrity verification, Forensics, Device identification.*