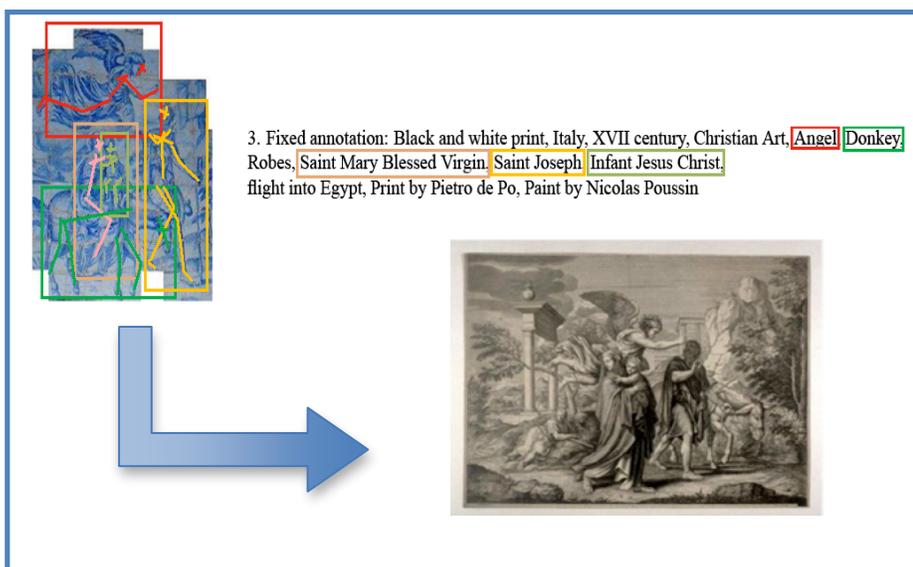


Objectivos Gerais :

O projecto PrintArt propôs-se desenvolver um conjunto de metodologias de processamento de imagem e respectivas ferramentas de software para auxílio de historiadores de arte no estudo de gravuras e paines de azulejos. De um modo muito resumido, um historiador de arte pretende recolher conjuntos de gravuras/imagens que apresentem grande semelhança holística. Por outras palavras, na comparação entre imagens de arte tem que se ter em conta o aspecto pictórico (quão semelhantes visualmente) e ontológico (representações que codificam relações simbólicas, por exemplo época, contexto cultural/estético, técnico material).

Dada a vastidão do campo e o particular interesse da equipa na temática dos painés do século XVIII, PrintArt focou-se num dos temas mais comuns dos paines de azulejos, ou seja, no conjunto de gravuras de temas Bíblicos [1].

Dada uma gravura em estudo e informação relevante sobre a mesma, o sistema desenvolvido no projecto PrintArt permite fazer uma busca guiada numa base de dados de referência (ARTSTOR) e recolher informação relevante para o historiador: Um conjunto de novas anotações para a imagem “query” e/ou um conjunto de imagens pictórica e simbólicamente próximas da imagem/anotações “query”.



A figura acima ilustra de um modo gráfico o resultado “óbvio” do processo de busca. Do ponto de vista de um historiador de arte, esta ferramenta permite pesquisar automaticamente um universo enorme de gravuras (milhões), seleccionando um pequeno subconjunto de imagens sobre as quais a análise histórica permite desvendar relações desconhecidas. Esta análise é particularmente pertinente no caso de paines azulejos que são quase “cópia” directa de gravuras famosas de pintores com grande disseminação (Rafael, Michelangelo, Rubens).

Desafios Científicos e Técnicos e Resultados obtidos:

Genericamente a abordagem ao problema passa pela criação de representações das características intrínsecas da imagem (brilho/côr, orientação do traço, pontos salientes), representações da caracterização posicional de objectos “importantes” e um conjunto de anotações que representam conhecimento (verbal) sobre a gravura. Estas entidades (variáveis) são parte integrante de um modelo probabilístico sobre o qual se desenhou um processo de busca que permite obter estimativas mais prováveis das variáveis de interesse (imagens ou anotações).

O grande desafio do problema reside na subjectividade e invulgaridade visual e geométrica que as imagens artísticas possuem. Por exemplo, ao contrário de fotografias de pessoas, numa pintura/gravura o artista pode, e frequentemente o faz, alterar relações anatómicas de modo a melhor vincar a originalidade da obra. Este aspecto torna inútil poderosos instrumentos disponíveis no “state-of-the-art” como o reconhecimento automático de caras ou detecção de objectos genéricos.

Por outro lado, jogam a favor do processo os aspectos semânticos e contextuais associados à pintura. As gravuras dos séculos XV, XVI, XVII é figurativa quase exclusivamente pelo que quer aspectos ligados à disposição (pose) de personagens, a existência de certos objectos ou até o próprio traço da pintura/gravura, permitem classificar inequivocamente a gravura e/ou determinar anotações relevantes, por exemplo tema, época, estilo e eventualmente o autor.

Assim, o grande desafio é o de conceber algoritmos de análise de imagem que sejam robustos ao aspectos “não-fotográfico” das gravuras e fundir a análise da imagem com o conhecimento acumulado pela disciplina da história da arte (ontologia) numa metodologia que permita navegar numa colecção massiva de informação como é o caso da ARTSTOR (<http://www.artstor.com>).

Para manter o contexto da proposta listamos aqui as tarefas iniciais as quais associaremos os resultados obtidos.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Art Database - Ontology Definition | 2. Model - Probabilistic Model |
| 3. System - Software Development | 4. Art Database - Annotation |
| 5. Model - Global Image Features | 6. Model - Local Image Features |
| 7. Model - Pose Image Features | |

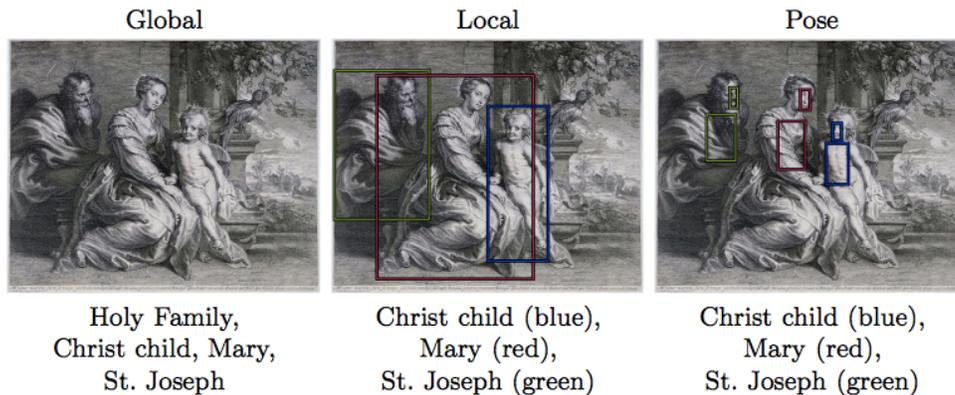
Recolha (retrieval) de Informação: Representação (tarefas dominantes: 1,5,6,7)

O plano de trabalho apontava dois aspectos cruciais a investigar (citação da proposta):

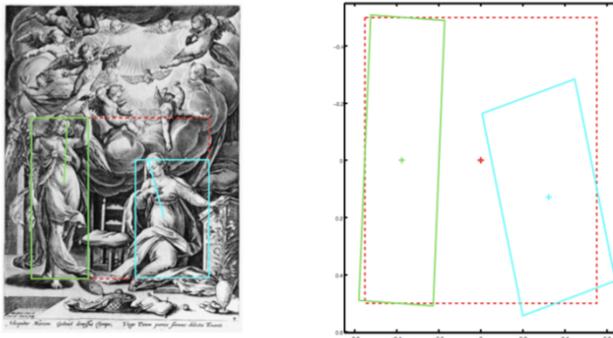
“The central point of this proposal involves the research of two novel concepts: 1) the use and combination of three levels of image features (global, local, and pose) to deal with the highly abstract images of prints and tile panels; and 2) a novel statistical pattern recognition model for providing a new internal organization of art image databases.”

Para melhor se entender a proposta, atente-se à figura seguinte que identifica as várias classes de anotações: Globais, Locais e Pose.

A este conjunto de anotações são juntas as respectivas descrições “pictóricas” resultantes da



análise da imagem, sob a forma de características da imagem [7]. A título de exemplo, algumas das anotações Locais e Pose são, por exemplo, coordenadas normalizadas das regiões indicadas na figura acima, e documentadas em [2]. Na figura abaixo indica-se graficamente um dos descritores utilizados.



A equipa multidisciplinar do PrintArt construiu uma base de dados de imagens anotadas, rigorosamente monitorizadas através da conhecimento da iconografia e vertido numa ontologia que estrutura a hierquização das anotações. Em [4] dão-se alguns exemplos das etiquetas e atributos utilizados na construção da ontologia. De um modo resumido, quer o propósito quer as ferramentas informáticas utilizadas na construção desta base de dados podem ser apreendidas em [11].

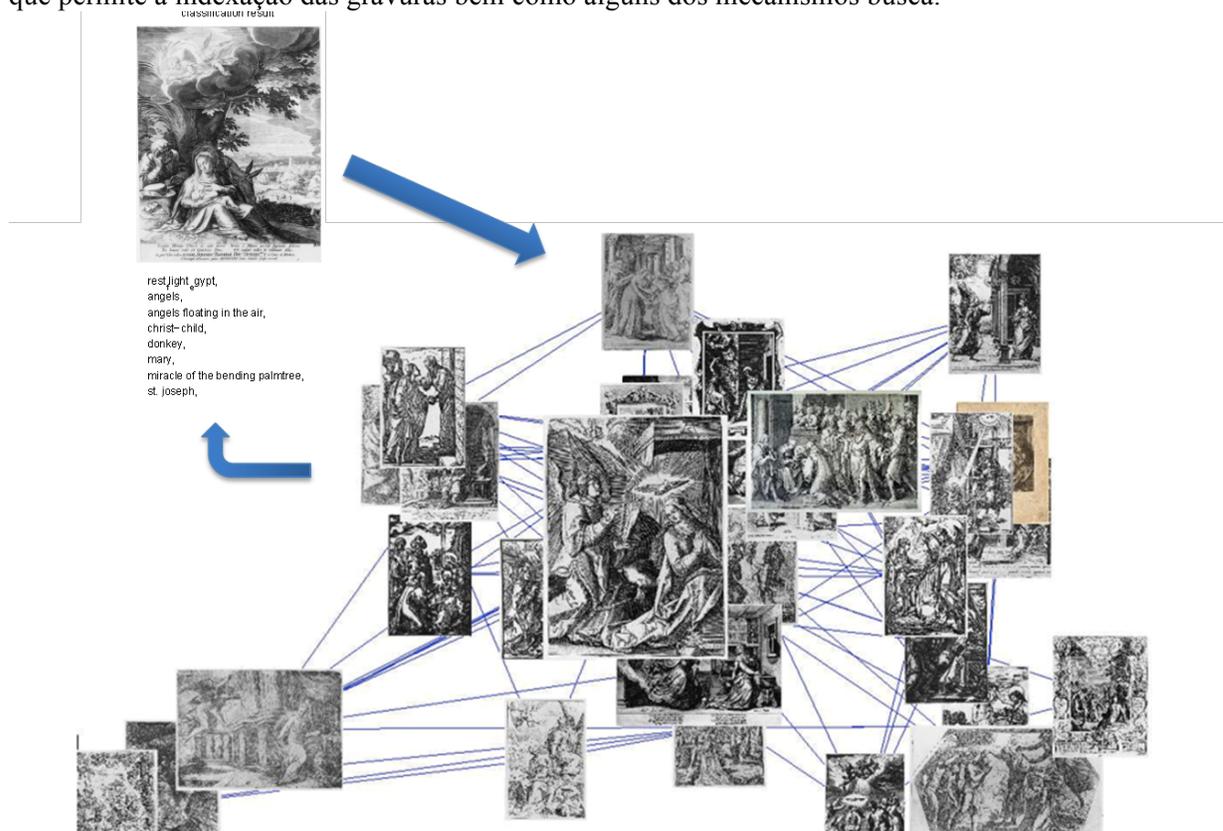
Constante da ontologia está a hierquia de etiquetas (“labels”) que ordenam hierarquicamente as

anotações globais. Na figura abaixo recorreremos a um sistema existente e descrito em [15] para ilustrar a organização da informação verbal. Este sistema (http://redeazulejo.fl.ul.pt/pesquisa-az/iconografia_pesquisa.aspx), de acesso público, incorporou toda a estrutura desenvolvida na tarefa 1- definição da ontologia. Este assunto será abordado mais adiante.



Organização da Informação (tarefas dominantes: 2,3)

Dadas as anotações, as características associadas a cada imagem e a ontologia, é construído o “espaço” das gravuras que permite estabelecer relações de semelhança entre elas de um modo sistemático. Em [3,5,7] é descrito todo o processo de construção do modelo estatístico subjacente que permite a indexação das gravuras bem como alguns dos mecanismos busca.



De um modo gráfico, a figura acima ilustra o processo de “retrieval” de anotações de uma

imagem. O grafo representa a indexação das imagens, sendo que a distância entre duas gravuras (peso da aresta) é obtida pela sua semelhança visual e semântica. Dada uma nova figura (canto superior esquerdo), é possível navegar no grafo através de caminhos aleatórios (random walks) amostrando o espaço das gravuras e construindo, para a imagem dada, qual a ordenação das anotações correspondentes às gravuras visitadas. Esta abordagem estatística descrita em [1,3,5,7] constitui a principal estratégia de indexação e recolha de informação. Uma outra metodologia baseada em representações algébricas que codificam informação redundante foi desenvolvida em [8,9,10]. O processo de recolha de anotação dada uma imagem da gravura foi aqui representado através de problema de estimação de dados omisso numa matriz que colecionava toda a base de dados (informação pictórica e anotações) e à qual se concatena a imagem para a qual se pretende estimar as anotações. Os dados omissos (etiquetas da imagem) são preenchidos forçando a uma semelhança global com a base de dados, operação modelizada pela minimização da característica da matriz completa.

Todas as metodologias desenvolvidas foram avaliadas no “benchmark” descrito em [1] que constitui a baseline de comparação usando a base de dados PrintArt, que o projecto disponibilizou a toda a comunidade científica (ver <http://printart.isr.ist.utl.pt/database> e <http://printart.isr.ist.utl.pt/visart2012>).

De um modo muito resumido este documento enumera os resultados alcançados do ponto de vista científico (computacional) e observáveis em detalhe na lista de publicações.

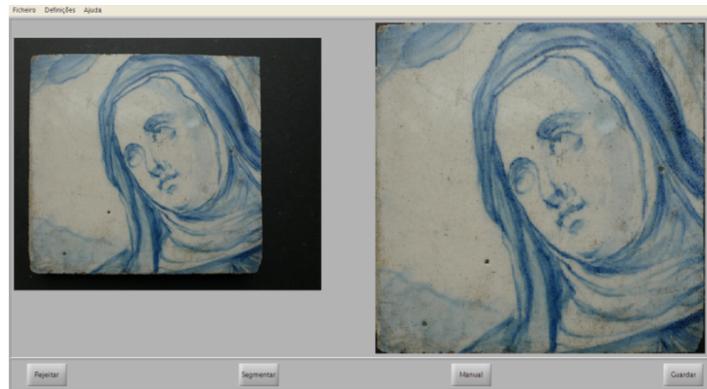
No entanto o projecto tem contributos significativos que não estavam planeados, quer do ponto de vista científico (computacional) quer no domínio da história da arte quer em actividades de divulgação e internacionalização.

Montagem automática de painéis de azulejos (Desenvolvimento extraordinário)



Decorrente da intensa colaboração entre os parceiros, surgiram desafios extramente relevantes, por exemplo, a montagem automática de painéis de azulejos. O Museu do Azulejo dispõe de colecções vastíssimas de azulejos individuais que se sabe fazerem parte de um painel. Ou seja muita da história do património está ainda por contar em milhares de azulejos arquivados em armazéns. A montagem destes painéis bloqueia recursos humanos muito qualificados durante longos períodos de tempo.

Em paralelo, a inventariação dos azulejos (e painéis) exige a elaboração de registos fotográficos normalizados de todos estes azulejos.



No âmbito de uma tese de mestrado [12], foi desenvolvido um protótipo que permite fotografar azulejos, corrigir automaticamente a perspectiva e montá-los num painel.



A interface do sistema pode ser observada nas figuras acima. Os azulejos são automaticamente detectados, corrigidos geométricamente e fotométricamente (homogeneizar a cor e brilho) e etiquetados numa base de dados.

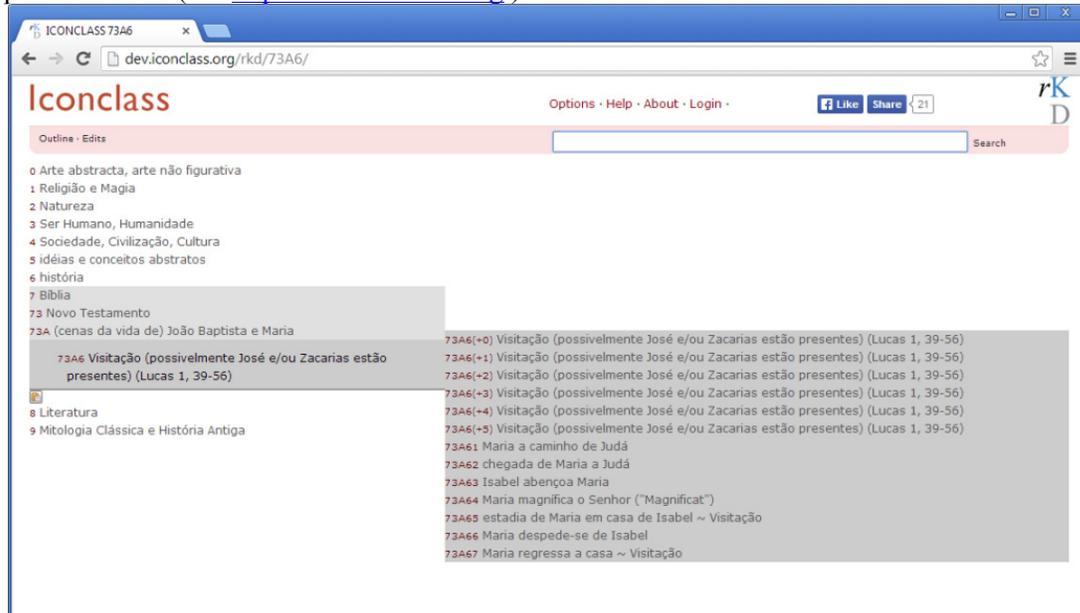
O problema da montagem é semelhante ao problema da montagem de “puzzles”, conhecido e provado como sendo da classe NP-Hard. No contexto do PrintArt foram desenvolvidas várias metodologias para montagem de imagens parciais, uma das quais esperamos seja publicada (aguarda resultado da revisão [13])

A iconografia do azulejo e a ontologia (tarefas dominantes: 1,3,4)

O contributo do PrintArt para o estudo da iconografia tem o primeiro e mais significativo expoente na tese de doutoramento [14] por Rosário Carvalho, co-Investigadora Principal do projecto pela Faculdade de Letras, fundamental na construção da ontologia utilizada no sistema de inferência estatística para recolha de informação. Um dos efeitos de maior impacto do trabalho desenvolvido pelo PrintArt foi a inclusão da iconografia associada ao azulejo Português no sistema global de catalogação Iconclass (<http://www.iconclass.org>), e por outro lado o início da tradução do próprio Iconclass para Português.

No âmbito do PrintArt e na sequência de trabalho feito no contexto nacional [15,16,17] (e que faz parte do sistema AZ-Infinitem <http://redeazulejo.fl.ul.pt/>) foi interligada com o sistema

Iconclass. Embora o trabalho se tenha iniciado com o PrintArt, assumiu neste momento uma colaboração permanente entre Iconclass e a Faculdade de Letras e sobrevive ao próprio projecto. Neste momento a indexação recorre a estruturas de informação comum e são mutuamente compatíveis. Para se perceber a relevância deste contributo, mostra-se na figura abaixo um exemplo da hierarquia de símbolos criada e utilizada no PrintArt e posteriormente transportada para Iconclass (ver <http://dev.iconclass.org>).



Como se disse, a informação aqui mostrada é parte integrante (e resultado) da construção da ontologia PrintArt, mas continua hoje a crescer fazendo parte do referencial internacional mais consultado no mundo. O Iconclass fornece serviços de consulta por via informática de toda a iconografia. Importantes repositórios com quantidades massivas de dados como o Arkyves (<http://www.arkyves.org>) têm as suas bases de dados de imagens anotadas e catalogadas de acordo com o Iconclass.

Rijksmuseum API Collectie

Deutsch Français Italiano

Top

7 Bible

73 New Testament

73A (scenes from the life of) John the Baptist and Mary

73A6 Visitation (possibly Joseph and/or Zacharias present) (Luke 1:39-56)

73A62 Mary's arrival in Judah

73A64 Mary magnifying the Lord ('Magnificat')

53 found. **1** **2** Next >



Na figura acima, podemos observar a hierarquia de etiquetas do Iconclass (Top->Bible->New Testament->(scenes...)>Mary's arrival...->Mary Magnifying The Lord, que corresponde a um dos temas associados a "Virgem Maria". Na raiz desta árvore podemos ver algumas das imagens disponíveis no arquivo. Percebe-se assim, que ao comparar duas imagens, a sua semelhança está relacionada pelo "aspecto" (pictórico) mas também pelo seu posicionamento nesta hierarquia iconográfica (semântica). A abordagem do PrintArt assenta neste paradigma, inovando na definição de descritores de imagem muito mais poderosos e nas sofisticadas técnicas de busca.

Quer isto dizer os processos de busca podem ser escalados e seria um desenvolvimento natural a instalação dos mecanismos de busca do PrintArt nas bases de dados como o Arkyves.

Internacionalização e divulgação (Contributos extraordinários)

Esta parceria proporcionada pelo PrintArt é de uma relevância muito grande e constitui uma oportunidade na Internacionalização das actividades e dos grupos envolvidos no PrintArt

Por outro lado o projecto PrintArt organizou dois workshops, um em 2010 e outro em 2011 com variadas comunicações orais quer de cientistas nacionais quer internacionais. Ambos os workshops tiveram lugar no Museu do Azulejo abertos a toda a comunidade (<http://printart.isr.ist.utl.pt/workshops.html>):

The Arkyves ICONCLASS Browser plugin
For more information on this search facility, or to create one for your collection you can mail us at: info@arkyves.org or contact the [software developer](#).
We currently host search facilities for institutions in The Netherlands, Germany, Italy, France, United Kingdom and the USA and would love to do more.



Um conseguido envolver e que consideramos um enorme sucesso, a equipa do PrintArt concorreu a um concurso para organizar um workshop temático numa das “top” conferências mundiais de Visão por Computador. De facto, em 2012 o PrintArt organizou o workshop VisArt (<http://printart.isr.ist.utl.pt/vistart2012>).



WS9 – VISART: “Where computer Vision Meets Art” Workshop

Organizers: Joao Paulo Costeira (*IST Lisbon, Portugal*), Gustavo Carneiro (*University of Adelaide, Australia*), [Nuno Pinho da Silva](#) (*IST Lisbon, Portugal*), Alessio Del Bue (*Istituto Italiano di Tecnologia, Italy*)

Duration: Full day

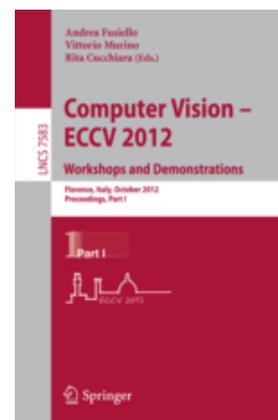
Website: <http://printart.isr.ist.utl.pt/visart/>

De várias dezenas de publicações foram seleccionadas 12 que foram publicadas em livro editado pela Springer-Verlag Eds.

Foram também convidados 4 “Keynote Speakers” de primeira linha. A lista de comunicações convidadas foi a seguinte:

COMPUTER VISION AND ART ANALYSIS ,David Stork, Rambus Lab

ART HISTORY AND ICONOGRAPHY Hans Brandhorst, Iconclass.org/Arkyves.org



ART HISTORY AND PORTUGUESE AZULEJOS (TILES) Rosário Salema de Carvalho, João Miguel dos Santos Simões Thematic Network on the Study of Tiles and Ceramics– History of Art Institute, Faculty of Letters, University of Lisbon (Portugal)

WHERE IS "THE BIRTH OF VENUS"? GOOGLE ART FROM BIRD'S-EYE VIEW
Jianxiang Xiao, MIT

Infelizmente por ter sido negado o adiamento do fim do projecto por mais 3 meses vimo-nos impedidos de reeditar o VisArt na conferência ICCV-2013 em Sydney Australia, mas novamente a equipa concorreu ao ECCV2014 e vai organizar o VisArt2014 em Zürich (<http://printart.isr.ist.utl.pt/visart>). O workshop VisArt ganhou uma autonomia e identidade próprias, apreciadas pela comunidade da Visão por Computador e é um dos sucessos expressivos de que a equipa se orgulha.

Contribuição para a Comunidade Científica (tarefas dominantes: 4)

Finalmente, para benefício de toda a comunidade, o PrintArt disponibilizou a sua base de dados com mais de 988 imagens densamente anotadas (resultado da tarefa 4 do projecto). Em particular atente-se aos seguintes exemplos:



A anotação é constituída por uma curva que identifica todo o perfil do personagem/objecto, aspectos geométricos (pose da cara, tronco e membros), particularidades como asas dos anjos e os respectivas etiquetas. Com um subconjunto dessas imagens, foram criados dicionários baseados em características visuais, como SIFT, HOG, etc., usando as técnicas "bag-of-features" e "spatial-pyramid", de modo a classificar imagens desconhecidas. Foi, igualmente, desenvolvido um descritor global com base na posição, pose e dimensão relativos dos componentes da gravura (e.g., personagens) como foi descrito anteriormente

Esta informação está disponível para download no site <http://printart.isr.ist.utl.pt>

Outras notas sobre desenvolvimentos não enquadrados inicialmente no plano de trabalho

Um dos membros do projecto Ricardo Cabral, foi invited speaker num dos workshops da conferencia AAAI-2013 onde foi apresentado o projecto e as técnicas desenvolvidas em [8,9,10].

Colaboração e revisão da catalogação das imagens através da adaptação dos labels ao sistema Iconclass.

Articulação com os responsáveis pelo Iconclass (um dos quais é consultor do projecto – Hans Brandhorst) para a tradução Iconclass e disponibilização na plataforma Az Infinitum – Sistema de

Referência e Indexação de Azulejo. A tradução está já disponível em versão de teste no website do Iconclass - HYPERLINK "<http://dev.iconclass.org>" <http://dev.iconclass.org>

Articulação entre os outputs do projecto e a plataforma de inventário Az Infinitum – Sistema de referência e Indexação de Azulejo. Encontra-se concluída a execução do módulo de gravuras na plataforma (adjudicada à empresa Sistemas do Futuro, Lda.) e foram já inseridas nas áreas respectivas as gravuras identificadas. Todavia, a área intitulada “gravuras” não se encontra ainda visível ao público, devido às negociações em curso relativas às autorizações de reprodução das gravuras (direitos de autor).

Lista de Publicações e Comunicações resultantes do PrintArt

- [1] Gustavo Carneiro, Nuno Pinho da Silva, Alessio Del Bue, Joao Paulo Costeira – “Artistic Image Classification: an Analysis on the PRINTART Database”, 12th European Conference on Computer Vision (ECCV 2012), Florence, Italy, 2012, pp. 141-155
- [2] Nuno Pinho da Silva, Manuel Marques, Gustavo Carneiro, João Paulo Costeira, “Explaining scene composition using kinematic chains of humans: application to Portuguese tiles history”, Proc. of the Conference on Computer Vision and Analysis of Images of Art II, IS&T/SPIE Electronic Imaging 2011, San Francisco, USA, 2011
- [3] Gustavo Carneiro. Artistic Image Analysis using Graph-based Learning Approaches. IEEE Transactions on Image Processing. Vol. 22, No. 8, 2013.
- [4] Carvalho, Rosário Salema de - A iconografia das obras de misericórdia em Arraiolos. Azulejos e gravuras. Iconografia e Fontes de Inspiração. Imagem e memória da gravura europeia. Actas do III Colóquio de Artes Decorativas. Lisboa: Fundação Ricardo Espírito Santo Silva, 2011.
- [5] Gustavo Carneiro Graph-based methods for the automatic annotation and retrieval of art prints ACM International Conference on Multimedia Retrieval. Trento, Italy 2011
- [6] Ricardo Cabral, João Paulo Costeira, F. De la Torre, Alexandre Bernardino, Gustavo Carneiro Time and order estimation of paintings based on visual features and expert priors Proc. of the Conference on Computer Vision and Analysis of Images of Art II, part of the IS&T/SPIE Electronic Imaging 2011, San Francisco, USA, 2011
- [7] Gustavo Carneiro, João Paulo Costeira The automatic annotation and retrieval of digital images of prints and tile panels using network link analysis algorithms Proc. of the Conference on Computer Vision and Analysis of Images of Art II, part of the IS&T/SPIE Electronic Imaging 2011, San Francisco, USA, 2011
- [8] Ricardo Cabral, João Paulo Costeira, F. De la Torre, Alexandre Bernardino Fast incremental method for matrix completion: an applications to trajectory correction IEEE International Conference on Image Processing 2011
- [9] Ricardo Cabral, Fernando De la Torre, João P. Costeira, Alexandre Bernardino Matrix Completion for Ewakly-supervised Multi-label Image Classification To appear - Submitted and reviewed- Minor Revisions required for publication - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence-PAMI(submitted Dec. 2013)

[10] Ricardo Cabral, Fernando De la Torre, João P. Costeira, Alexandre Bernardino
Unifying Nuclear Norm and Bilinear Factorization Approaches for Low-rank Matrix
Decomposition IEEE-International Conference on Computer Vision ICCV 2013

[11] Gustavo Carneiro, Duarte Lázaro Projecto printART: Sistema computacional para apoio ao estudo da azulejaria Portuguesa - Congresso Internacional A Herança de Santos Simões - Novas perspectivas para o estudo da azulejaria e da cerâmica, Lisboa, Portugal, Novembro 2010

[12] João Tiago Fonseca, Montagem automática de painéis de azulejos. Tese de Mestardo, IST Dez 2012.

[13] Tayebeh Razmi and Manuel Marques, A CONVEX APPROACH FOR THE JIGSAWPUZZLE PROBLEM, IEEE International Conference on Image Processing -ICIP2014 (Submetido)

[14] Carvalho, Rosário Salema de - A pintura do azulejo em Portugal no primeiro quartel do século XVIII. Autorias e biografias - um novo paradigma. Instituto História da Arte / Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Orientação: Vítor Serrão. Co-orientação: Ana Paula Correia (Escola Superior de Artes Decorativas-FRESS). Tese de doutoramento, 2012.

[15] Carvalho, Rosário Salema de – Az Infinitum – Sistema de Referência e Indexação de Azulejo. 8º Encontro de Utilizadores de Aplicações de Gestão do Património. Coimbra, Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, 24 de Maio de 2013.

[16] Carvalho, Rosário Salema de – Azulejos and Prints. International Conference ENBaCH - European Networks of Baroque Cultural Heritage. Viena (Áustria): Josephinum, 26 a 29 de Setembro de 2012. <http://www.enbach.eu/en/news/general-conference-in-wien,-september-2012.aspx>

Palestras em Conferências

Carvalho, Rosário Salema de – Az Infinitum – Sistema de Referência e Indexação de Azulejo. 8º Encontro de Utilizadores de Aplicações de Gestão do Património. Coimbra, Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, 24 de Maio de 2013.

Carvalho, Rosário Salema de - A pintura do azulejo em Portugal [1675-1725]: autorias e biografias - um novo paradigma. 8º Encontro de Utilizadores de Aplicações de Gestão do Património - SEMINÁRIO: Investigação Científica aplicada ao Património. Coimbra, Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, 23 de Maio de 2013.

Carvalho, Rosário Salema de – Azulejos and Prints: Looking for Matching. 12th European Conference on Computer Vision (ECCV 2012), workshop VISART: Where computer vision meets art WS9. Florença (Itália), Palazzo degli Affari, 12 de Outubro de 2012.

Carvalho, Rosário Salema de – Azulejos and Prints. International Conference ENBaCH - European Networks of Baroque Cultural Heritage. Viena (Áustria): Josephinum, 26 a 29 de Setembro de 2012.

CARVALHO, Rosário Salema de - Rede Temática em Estudos de Azulejaria e Cerâmica João Miguel dos Santos Simões. 7ª edição do “Encontro de Utilizadores de Aplicações de Gestão do Património”. Portimão: Museu de Portimão, 12 de Novembro de 2010.

CARVALHO, Rosário Salema de - Imagens e padrões em inventários de azulejos: Projectos interdisciplinares na área da azulejaria. Seminário Estudos de Caso de Cultura Material. Lisboa: Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, 21 de Setembro de 2010.

CARVALHO, Rosário Salema de - Why to look for prints correspondig to tile panels. Workshop internacional do Projecto PrintArt. Lisboa: Museu Nacional do Azulejo, 28 de Junho de 2010.