

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Perspectivas de evolução da Robótica na Europa: Uma análise de "Clusters" baseada em Projectos de cooperação academia/indústria.

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Sistemas de Produção

Autor

Rui Miguel Bento Ligeiro

Orientadores

Cristóvão Silva

Germano Manuel Correia dos Santos Veiga

Júri

Presidente Professor Doutor Marta Cristina Cardoso de Oliveira

Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Professor Doutor Cristóvão Silva

Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Professor Doutor Germano Manuel Correia dos Santos

Vogais Veiga

Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Coimbra

Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Agradecimentos

Os meus agradecimentos vão para todos aqueles que tornaram este trabalho possível, e que de uma forma ou de outra contribuíram para o resultado que se encontra nestas páginas, merecendo destaque:

- O Professor Cristóvão Silva por toda a disponibilidade demonstrada e todo o conhecimento que me transmitiu.
- O Professor Germano Veiga por toda a disponibilidade demonstrada e todo o conhecimento que me transmitiu.
- Aos meus Pais, Familiares e Amigos por toda a paciência, compreensão e disponibilidade.
- E por fim ao Miguel Silva que sempre se mostrou disponível e pronto a ajudar e colaborou quando os problemas informáticos eram persistentes.

Resumo

Este trabalho investiga os padrões de colaboração e de investigação presentes nos projectos candidatos ao ECHORD (European CLearing House for Open Robotics Development). Ao nível dos países, foram identificados *clusters* caracterizados pelos padrões dos projectos apresentados por número de habitantes, pela classificação desses projectos, e pela colaboração internacional.

A Bélgica e a Suécia constituem um cluster caracterizado por, ter países com alta percentagem em produção de projectos com elevada classificação obtida e com elevada colaboração internacional. A Bélgica também se destaca numa outra análise de clusters, por ser o único país onde 100% das suas participações foram em projectos com parceria Academia – Industria e todos eles obtiveram classificação >= 10.

Outra observação, demonstra que os projectos individuais com apenas uma instituição participante, têm classificação inferior aos projectos onde existe parcerias entre instituições, embora se tenha também observado, que o número de diferentes países participantes em cada projecto, não teve influência na qualidade dos mesmos.

Observou-se que apesar do elevado número de participações das Empresas nos projectos, quando comparado com as Universidades e com os Institutos, elas desempenharam um papel secundário na realização dos mesmos, uma vez que tiveram baixo número de projectos em que lideraram.

Observou-se que ao nível das parcerias entre três tipos de instituições, as que envolveram Institutos de Investigação com outros Institutos de Investigação, foram as que obtiveram melhor percentagem de projectos com classificação >= 10.

Por fim, no que se refere aos tópicos dos projectos, a tecnologia "Human - Robot Interface" e o produto "Robot Automation For Small Scale Manufactuting" foram os mais referenciados.

Palavras-chave: Análise de padrões de colaboração, Análise de

tópicos de pesquisa, Robótica Europeia, Análise de

redes sociais.

Abstract

This work investigates the research profiles, the collaboration patterns and the trends in research topics present in the proposals submitted to the ECHORD (European Clearing House for Open Robotics Development). On a country level, clusters of countries were identified characterized by patterns of proposal production per inhabitant, evaluation score and international cooperation.

Belgium and Sweden constitute a cluster characterized by high proposal production, with very high scores and extensive international collaboration. Belgium also excels from another cluster analysis, being as the only country where 100% of proposals involve industry-academia cooperation with evaluation scores all above 10.

Other findings show that single partner proposals have significantly lower quality than multi-partner proposals, but, on the other hand, the number of countries involved shows no influence on the quality of the proposals.

Nevertheless, despite the high number of industrial participants present on the proposals, it is observed that they play a secondary role in the proposals, with a very low number of projects leaded by companies. Also, it is observed that partnerships between research institutions (non-Universities) are the most successful.

Finally, concerning the topics of the proposals, the technology Human-Robot Interface and the product vision Robot for Small-Scale Manufacturing are the most significant.

Keywords Pattern collaboration analysis, Research topic analysis, European robotics, Social network analysis.

Índice

Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vi
Siglas	
1. Introdução	10
2. Enquadramento teórico e ferramentas 2.1. Projecto ECHORD	11 12 15 16 17 19
3. Tratamento de dados 3.1. Cálculos para análise e caracterização dos dados 3.1.1. Página "Países" 3.1.2. Página "Tipos de Candidatos" 3.1.3. Página "Instituições por Países" 3.1.4. Página "Score" 3.1.5. Página "Technologies – Product Vision" 3.1.6. Principais cálculos realizados 3.2. Tratamento dos resultados obtidos 3.2.1. Ficheiros em formato VNA	22 22 23 24 24 25 25
4. Caracterização e análise dos resultados	31 34 36 37 41 43
5. Conclusões	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema que representa todos os casos para a função de cálculo do número de parcerias com classificação >= 10 que cada país tem com cada um dos outros
países participantes e com ele mesmo
Figura 2. Exemplo de ficheiro em formato VNA
Figura 3. Distribuição do número total de projectos candidatos em cada Call
Figura 4. Número total de cada um dos tipos de instituições participantes
Figura 5. Número total de cada um dos tipos de instituições para cada um dos países 32
Figura 6. Distribuição do número total de projectos pelo número de parceiros por projecto.
Figura 7. Número de projectos para cada número total de países diferentes envolvidos no projecto
Figura 8. <i>Clusters</i> da grande componente da rede das parcerias entre instituições participantes no ECHORD.
Figura 9. Parcerias entre países participantes no ECHORD
Figura 10. Distribuição geográfica das participações no projecto ECHORD
Figura 11. Distribuição geográfica da classificação obtida e possível de obter com o respectivo número de participações para os países participantes no ECHORD 40
Figura 12. Parcerias entre os vários tipos instituições participantes no ECHORD43
Figura 13. Distribuição geográfica das participações de cada país em projectos onde exista parceria Academia - Indústria
Figura 14. Rede constituída pelas tecnologias abordadas nos projectos candidatos ao ECHORD e os produtos a que essas tecnologias se aplicam

vi

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Ranking das participações das instituições participantes no ECHORD	35
Tabela 2. Clusters dos países participantes no ECHORD obtido tendo em conta a sua performance e a suas parcerias internacionais.	41
Tabela 3. Clusters dos países participantes no ECHORD obtido tendo em conta as suas participações em projectos onde exista parceria entre Academia e Indústria	44

SIGLAS

Siglas

ALB - Albânia

AUT – Áustria

BEL - Bélgica

BIH - Bósnia & Herzegovina

BUL – Bulgária

CRO - Croácia

CYP - Chipre

CZE – República Checa

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

DEN - Dinamarca

ECHORD – European Clearing House for Robotics Development

ESP - Espanha

EST – Estónia

Expo - Exposição Internacional

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIN - Finlândia

FRA - França

GBR - Reino Unido

GER - Alemanha

GRE - Grécia

HM – Homem Máquina

HUN – Hungria

IRL - Irlanda

ISL – Islândia

ISR - Israel

ITA – Itália

LAT – Letónia

LIE – Liechtenstein

LTU – Lituânia

LUX - Luxemburgo

MGO-Montene gro

MKD – República da Macedónia

MLT - Malta

NED – Holanda

NOR – Noruega

POL – Polónia

POR - Portugal

ROU – Roménia

SLO – Eslovénia

SRB – Sérvia

SUI – Suíça

SVK – Eslováquia

SWE - Suécia

TUM – Universidade Técnica de Munique

TUR - Turquia

UNINA – Universidade de Nápoles Federico II

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho surge no âmbito de uma Tese de Mestrado, do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, realizada no Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra (FCTUC). Este departamento faz parte da equipa do Projecto Europeu ECHORD, no qual é responsável pelo trabalho de monitorização, análise e disseminação dos resultados inserindo-se este trabalho no âmbito deste mesmo projecto.

A investigação e desenvolvimento de qualidade na área da robótica tem já um longo historial, quer por parte dos fabricantes, quer por parte da comunidade científica. Desde o primeiro robô autónomo electrónico, criado por Grey Walter na Universidade de Bristol em Inglaterra, no ano de 1948, até ao "NAO", o robô humanóide desenhado e criado pela empresa europeia ALDEBARAN como ferramenta de excelência para centros académicos e de investigação (que maravilhou todos com actuação (http://www.youtube.com/watch?v=uIuRc1r_N34&feature=player_embedded) 2010 em Xangai) são muitos os exemplos de qualidade que caracterizam este longo historial [Haring, Markus (2011)].

No entanto, a cooperação entre ambas as partes, fabricantes e comunidade científica não tem sido tão rica como seria desejável, em especial no que se refere à definição de linhas de investigação de interesse prático. Isto é, linhas que permitam a obtenção de resultados aplicáveis em projectos economicamente e comercialmente viáveis. O projecto ECHORD tem por principal objectivo justamente contribuir para a definição dessas linhas de investigação.

No âmbito do projecto ECHORD, foi criada uma base de dados que é constituída pelos projectos de investigação, apresentados por instituições industriais e/ou académicas como candidatura a apoio e financiamento comunitário. Esta base de dados, abrange 242 projectos de investigação submetidos a uma das 3 fases de apresentação de candidaturas.

1.1. Objectivos

O objectivo deste trabalho, consistiu na recolha e análise, nos projectos ECHORD, das características de classificação obtidas na avaliação, tipologia das instituições intervenientes em cada um dos projectos, tecnologias envolvidas, cenários de aplicação, focos e sub focos de pesquisa e produtos a que se aplica a tecnologia envolvida. A análise foi feita recorrendo ao método de análise estatística, análise de redes sociais e de *clusters*, para identificar parceiros (grupos de investigação, fabricantes) com interesses comuns de investigação e/ou desenvolvimento de aplicações.

Espera-se que os resultados desta análise, permitam identificar parceiros e fomentar pontes entre eles, contribuindo para sinergias que potenciem o desenvolvimento da robótica na Europa. É também expectável que recorrendo a métodos de previsão qualitativos, se consiga a identificação de tendências de evolução da robótica na Europa.

1.2. Estrutura da tese

A tese está dividida em cinco capítulos: Introdução, Enquadramento teórico e ferramentas, Tratamento dos dados, Caracterização e análise dos resultados e por fim a Conclusão.

No capítulo $1-\acute{E}$ introduzido o tema da tese, seus objectivos e a estrutura da mesma.

No capítulo 2 – É feita uma descrição teórica resumida, quer da temática da tese, quer das ferramentas utilizadas na sua realização, com o objectivo de enquadrar o leitor no tema da tese.

No capítulo 3 – É feita a descrição do trabalho realizado, referindo fundamentalmente, a grande maioria dos cálculos efectuados.

No capítulo 4 – É feita a apresentação e análise dos resultados obtidos, recorrendo à apresentação de tabelas e imagens, elaboradas com auxílio dos programas informáticos utilizados.

No capítulo 5 – São descritas as principais conclusões do trabalho.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E FERRAMENTAS

2.1. Projecto ECHORD

O ECHORD (European Clearing House for Open Robotics Development) é um projecto europeu, com duração prevista de três anos e meio, financiado pela União Europeia, que tem por objectivo, reforçar a cooperação entre a investigação científica e a indústria de robótica.

O ECHORD é liderado pelo investigador Norberto Pires, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC) em parceria com Alois Knoll e Reinhard Lafrenz, da Universidade Técnica de Munique (TUM) e Bruno Siciliano da Universidade de Nápoles Federico II (UNINA).

Nos nossos dias, a Europa ocupa uma importante posição ao nível da investigação e produção na área da robótica, tendo forte concorrência principalmente por parte do Japão.

É devido à forte convicção de que a Europa pode ter ainda mais sucesso e reforçar fortemente a sua posição na robótica mundial, que nasce o projecto ECHORD. Apostando este fortemente, em apoiar a ligação entre as instituições de pesquisa e as da indústria, em criar ligações que possibilitem troca de informações e conhecimentos, em encontrar um entendimento comum no que diz respeito às principais áreas a ser estudadas e desenvolvidas, dentro do campo da robótica. Esta aposta, permitirá que o projecto ECHORD, seja a curto prazo, o degrau que vai possibilitar a subida da robótica europeia a um patamar de maior importância, pois permitirá obter resultados com forte viabilidade e aplicação comercial. É também esperado, que o projecto possa ser de grande importância a médio e longo prazo, uma vez que se espera que as ligações e contactos entre instituições se possam prolongar e alargar no futuro, criando definitivamente um espírito de parceria e colaboração em prol da robótica europeia.

O acesso ao ECHORD foi feito através da apresentação de um projecto, numa das 3 fases de candidatura, denominadas Call1, Call2 e Call3. Cada um desses projectos candidatos, foram posteriormente avaliados, por um conjunto de especialistas externos que

lhes atribuíram uma classificação entre 0 e 15 valores. De seguida, os projectos de cada fase foram listados segundo a classificação obtida e os melhores obtiveram financiamento para a sua realização. A duração máxima prevista de cada projecto era de 18 meses. Os projectos poderiam englobar apenas uma instituição, ou ir até um máximo de 4 instituições distintas a trabalhar em conjunto. Devido à existência de uma infindável possibilidade de temas dentro do campo da robótica, foi escolhido por parte dos responsáveis do ECHORD, um conjunto de três possíveis cenários de utilização, "human-robot co-worker", "hyperflexible manufacturing cells" e "cognitive factory". Foram ainda escolhidos 4 campos de pesquisa dentro destes cenários, "human-robot interfacing & safety", "robot hands & complex manipulation", "mobile manipulators & cooperation" e "networked robots".

Os projectos melhor classificados, obtiveram financiamento, e tiveram durante a sua execução, um acompanhamento por parte dos responsáveis do ECHORD. Esses financiamentos totalizaram 18.97 milhões de euros, o que demonstra bem a importância dada a esta temática [ECHORD (2011) e FP7 (2011)].

2.2. Robótica

Segundo o dicionário de língua portuguesa o termo "robô", significa "Aparelho capaz de agir de maneira automática numa dada função.". O termo "robótica", significa "Conjunto dos estudos e das técnicas tendentes a conceber sistemas capazes de substituírem o homem nas suas funções motoras, sensoriais e intelectuais. Estes significados embora correctos, tornam-se incompletos se com eles procurarmos transmitir o que é a robótica e o que são robôs.

Pensa-se que o termo Robô terá sido pela primeira vez usado por Karel Capek, um Checo, numa peça de teatro entre 1890 e 1938. Já o termo Robótica, foi popularizado pelo escritor de Ficção Científica, de nacionalidade norte-americana, nascido na Rússia, Isaac Asimov, que na sua obra "I, Robot" de 1950 criou "Leis da robótica" que no seu entender regeriam todos os robôs no futuro, sendo elas:

- "- Um robô não pode fazer mal a um ser humano, e nem por omissão, permitir que algum mal lhe aconteça.
- Um robô deve obedecer às ordens dos seres humanos, excepto quando estas contrariarem a Primeira lei.

- Um robô deve proteger a sua integridade física, desde que, com isto, não contrarie a Primeira e a Segunda lei." [Seiler, Edward (2011)].

Estas leis, expressam bem o desejo e a ambição dos homens pelos Robôs, mas também, reflectem uma visão ficcionista, até fantasiada da realidade da grande maioria dos actuais robôs industriais.

Actualmente, vivemos uma era onde a globalização, para além de obrigar as empresas a produzir a mais baixos custos, também obriga a que produtos cada vez mais complexos e com escalas mais reduzidas, tenham elevada qualidade e rigor dimensional. Muitas das vezes, as empresas limitam-se a produzir componentes que são posteriormente montados com outros, produzidos a milhares de quilómetros de distância, para formar o produto final.

Hoje em dia, deparamos com novos produtos diariamente ou então *restyling* ou actualizações de outros já existentes, o que obriga as empresas a ter produções em pequena/média escala, ao contrário das anteriores, que eram sobretudo produções em grandes escalas. Todos estes factos, obrigam a que os meios produtivos das empresas sejam cada vez mais flexíveis e ágeis, de forma, a se adaptarem fácil e rapidamente a vários tipos de produtos, materiais ou mesmo técnicas e ferramentas de produção.

A robotização das estruturas produtivas é uma das melhores soluções para colmatar estas necessidades, pois trata de máquinas multifuncionais e reprogramáveis, capazes de executar tarefas normalmente atribuídas a humanos. Essas estruturas, têm também a capacidade de interagir com o meio envolvente, identificando alterações e conflitos que interfiram com a execução da tarefa, decidindo se uma tarefa deve ou não ser executada. Se houver necessidade de alterar a tarefa a executar, através de simples mudança de ferramenta, e reprogramação, isso é conseguido de forma relativamente rápida.

Os robôs são equipamentos caros, não acessíveis à maioria das empresas, embora isso, tenha vindo a ser corrigido, pelas empresas que produzem e comercializam estes equipamentos. A maior parte do esforço económico necessário, é também devido à necessidade de equipamentos auxiliares que permitem criar o melhor ambiente para a operação do robô, por exemplo transportadores, sensores inteligentes, autómatos, *software*, etc. Os robôs normalmente desempenham as tarefas de forma eficaz, e mais rápida do que os trabalhadores humanos, o que faz com que a sua instalação leve muitas vezes à dispensa

desses mesmos trabalhadores. Se por um lado há menor necessidade e consecutiva dispensa de mão-de-obra não qualificada, por outro lado, a robotização de um sistema produtivo, necessita de mão-de-obra qualificada e especializada capaz de programar, optimizar e manter os sistemas. A falta de pessoal técnico especializado nas empresas, é muitas vezes, o grande entrave à introdução de robôs.

Se numa primeira fase a aplicação de robôs se restringiu quase em exclusivo ao campo industrial, e nas tarefas de maior risco para o ser humano, actualmente, e cada vez mais, vemos robôs que são capazes de jogar futebol em equipa, que desempenham as mais banais e diversas tarefas domésticas, e que realizam tarefas tão minuciosas e tão particulares como as mais precisas intervenções cirúrgicas, no campo da medicina. Em suma, existem hoje robôs capazes de desempenhar tarefas que até há bem pouco tempo era impensável que não fossem apenas do domínio humano.

Citando J. Norberto Pires (2003) no artigo "Os Desafios da Robótica Industrial":

"A utilização de robôs em ambiente industrial não é, ao contrário do que muita gente pensa, um assunto resolvido ou uma mera questão de integração, mas coloca desafios muito interessantes que constituem uma vasta área de Investigação e Desenvolvimento (I&D), da qual podem resultar spinoffs de alta tecnologia. Esses desafios são desde logo motivados pela necessidade de fazer a interface com os operadores humanos, visto que ambos terão de coexistir e cooperar em ambiente industrial. Na verdade, nas fábricas modernas actuais verifica-se uma grande mistura de trabalho humano e trabalho baseado em máquinas automáticas (robôs manipuladores e móveis, máquinas ferramenta, autómatos programáveis, equipamentos pneumáticos e hidráulicos, etc.). Essa realidade coloca enormes desafios ao nível dos dispositivos e software de interface homem-máquina (HM), os quais não se encontram resolvidos e são tema actual de I&D. É necessário tornar essa interface mais simples, intuitiva, menos formal e mais segura.".

A interacção directa entre seres humanos e robôs, ou também chamada interacção Homem – Máquina, é uma questão de enorme importância e interesse tal como é referido, na transcrição anterior. Isso verifica-se não só para a comunidade académica, mas também, para os fabricantes e mesmo para os utilizadores em geral, que assim poderão, mais facilmente usufruir e ter à sua disposição esta tão versátil ferramenta, que é um dispositivo robotizado. O facto de o ser humano poder conviver no mesmo espaço

físico que os robôs, sem que isso coloque em risco a sua integridade física ou que obrigue a um decréscimo significativo das capacidades de execução dos próprios robôs, nomeadamente através da diminuição da velocidade de execução, é um enorme contributo para o crescimento da robótica, e para a expansão da sua utilização em campos até agora exclusivos dos humanos.

Actualmente, a grande maioria das aplicações industriais, exige o conhecimento completo do processo e do ambiente no qual ele se procede. A utilização de dispositivos de comando e controlo, mais intuitivos e de fácil manuseamento, e de sensores "inteligentes" mais evoluídos, que conferem aos robôs a possibilidade de actuarem e reagirem a algo "inesperado", ou com baixa previsibilidade, como é por exemplo, o comportamento humano, contribui para alterar este estado actual. Tem também permitido, que os espaços fechados com grades de protecção, ou com barreiras de laser, que eram muito característicos dos ambientes industriais, onde eram utilizados células de produção robotizadas, sejam cada vez menos. Dando lugar, a locais mais amplos, onde a coexistência de humanos e máquinas é feita de forma segura e com níveis superiores de produtividade. A melhoria desta interacção não é só benéfica no campo industrial, pois possibilita também, que os robôs sejam utilizados cada vez mais em ambientes familiares, para desempenhar as mais variadas tarefas domésticas, sempre com a máxima segurança. Permite também, a utilização em ambientes hospitalares, como ferramentas de excelência, para desempenhar por exemplo, cirurgias, de forma mais precisa e menos evasiva, logo de forma mais eficaz [Pires (2003)].

2.3. Estudo de redes sociais

"Uma imagem vale mais de mil palavras"

É um ditado popular bem representativo do que é a essência da análise de redes sociais. A representação com imagens de uma rede social exige criatividade, e se resultar numa boa imagem pode rapidamente realçar características importantes, que por palavras, ou através da análise estatística são dificilmente identificadas e entendidas. Olhando para uma imagem de uma rede, é facilmente avaliado o contexto (bairro) em que determinado actor está integrado. Isso, permite também determinar as limitações estruturais em que o actor está inserido, e as possíveis dificuldades que ele possa enfrentar ou as oportunidades que possam surgir.

O trabalho feito na análise de redes sociais é essencialmente descritivo e exploratório, ao invés, de ser de teste e confirmação de hipóteses, de padrões que podem estar presentes nos dados, e que de outra forma não seriam certamente observáveis [Hanneman e Riddle (2005)].

2.3.1. Dados da rede social

Embora os analistas de redes sociais usem linguagem específica para descrever a estrutura e o conjunto de dados, que resultam das suas observações, estes podem ser registados tal como a maioria dos dados, por exemplo, nos estudos estatísticos. Embora possa parecer uma questão secundária, é de extrema importância, pois a forma como os dados são armazenados, induz na sua leitura diferentes perspectivas e análises.

Normalmente, os dados relativos aos atributos em ciências sociais, são armazenados numa matriz rectangular onde as linhas representam os vários actores envolvidos, e as colunas representam os atributos desses mesmos actores, que podem ser quantitativos ou qualitativos. Assim, facilmente se poderá avaliar se determinados actores são ou não similares, ou se um determinado atributo é ou não similar entre os diversos actores, bastando para isso, fazer uma leitura comparando linhas ou colunas, respectivamente.

Quando queremos armazenar dados relativos às ligações entre os actores, a forma convencional é numa matriz quadrada onde as linhas representam, por exemplo, os diversos actores que escolheram, e as colunas representam os actores que foram escolhidos.

Em resumo, a principal diferença entre os dados convencionais e os dados de redes, é que no primeiro caso é dado ênfase aos atributos dos diferentes actores, enquanto no segundo, é dada atenção às ligações existentes entre os actores. Isto origina que os actores não sejam por norma independentes, pois eles são normalmente referenciados devido a ligações que têm com outro ou outros actores.

Normalmente, os analistas de redes sociais não usam amostras nos seus trabalhos, usam toda a população, ou todos os actores de um determinado evento que é estudado, através de sensos em vez de amostragem. O conjunto de actores pode ser o mais variado que se possa imaginar, embora tenha de haver algo que os limite e relacione. Esses limites são essencialmente de dois tipos: limites impostos pelos actores a si mesmos, por

exemplo, população de uma determinada cidade, ou os membros de um clube, ou os alunos de uma turma; ou são limites impostos pelo analista, que pode querer, por exemplo, abordar a população de uma cidade que está dentro de um determinado escalão etário, ou os membros de um clube que sejam membros há mais de um determinado tempo.

Os limites de uma determinada população, não devem ser vistos como impeditivos da existência de outras redes no mesmo meio, onde a rede estudada está inserida. Por exemplo, se estudarmos uma turma que é constituída por um grupo de actores, esses actores estão também inseridos numa determinada escola. Ou seja, a rede que estamos a estudar, neste caso a turma, pode ser uma rede dentro de outra maior que é a escola, ou seja, temos relações multi-modais. É claro que a análise de determinada população de actores pode ser estudada e representada por outras técnicas como a estatística por exemplo, mas a visão global de redes e estas relações multi-modais, são sem dúvida uma mais-valia da análise de redes.

Uma outra questão que se coloca ao estudo de redes, é saber que ligações ou relações devem ser medidas para os actores seleccionados. Em rigor, uma análise de redes deveria considerar todas as ligações e relações existentes, entre os seus actores. Todos esses dados dariam uma descrição da estrutura social muito forte. É verdade que isso em populações grandes é uma tarefa muito dispendiosa, para não dizer impossível, mas em grupos pequenos de actores, é possível essa abordagem [Hanneman e Riddle (2005)].

2.3.2. Uso de grafos para representar redes sociais

Na análise de redes sociais, para representar os padrões e relações entre os actores sociais, são utilizados principalmente dois tipos de ferramentas da matemática, os gráficos e as matrizes. Conhecendo estas ferramentas é fácil entender o que é feito numa análise de redes sociais, por exemplo, no cálculo de densidade relativa das relações.

A teoria de grafos é complexa e de enorme detalhe, pelo que, a sua análise completa não seria exequível num trabalho como o presente. Aqui, apenas são utilizadas algumas das inúmeras ferramentas que esta área do conhecimento disponibiliza.

A análise de redes sociais, usa principalmente um tipo de gráfico que consiste em pontos (também denominados nós) que representam os actores, e linhas que representam as ligações (também denominadas relações). A este tipo de gráficos é dado o nome de sociogramas ou simplesmente grafos. Nestes grafos, podem também ser indicados

os atributos dos respectivos actores, com o auxílio de diferentes cores, diferentes tamanhos ou formas dos nós. As ligações entre actores podem estar sujeitas a determinados atributos, como por exemplo, uma ligação de amizade ou uma ligação conjugal, ou se é uma ligação que resulta numa parceria de sucesso ou não. Esses atributos das ligações, tal como os dos nós, podem ser representados através de diferentes cores, espessuras ou tracejado da linha, por exemplo.

As ligações podem também ser orientadas, ou seja, ocorrerem apenas num dos sentidos. Nesses casos, é colocada uma seta na extremidade da linha antes do nó de chegada. Caso ocorram em ambos os sentidos e sejam recíprocas, são representadas com uma seta em cada extremidade da linha. Nos grafos, muitas vezes não importa o sentido em que é feita a ligação, pelo que, nesses casos as setas no final das linhas que representam as ligações são dispensáveis. No entanto, é necessário especial atenção ao tipo de análise que se quer realizar, já que é necessário avaliar previamente a importância ou não dessa informação.

As relações sociais podem ser descritas e representadas de várias formas. Se na sua determinação fazemos uma pergunta com escolha binária, por exemplo, um determinado actor é ou não escolhido por outro. Para a sua representação, basta indicar de forma simples uma seta quando essa escolha foi feita, e não colocar nada, quando não foi. Se por outro lado, fazemos uma pergunta para que os dados das respostas sejam "dados de assinatura", por exemplo, um determinado actor tem de referir sobre cada um dos outros actores se gosta, se não se importa ou se não gosta, então a representação gráfica terá de ter em cada seta o respectivo sinal de "+" para indicar que gosta, o zero para indicar que não se importa e o sinal de "-", para o caso de não gostar. Uma outra abordagem pode ser feita se pedirmos a cada actor para ordenar todos os outros, desde o que tem maior afinidade até ao que tem menor, nesse caso, obteríamos ordem de ligação ou dados ordinais. Se por outro lado for pedido para classificar dentro de uma determinada escala, a ligação que cada actor tem com outro, sendo maior valor atribuído ao mais próximo e menor para o que estiver mais afastado, obtemos então, uma força ou valor de ligação. A representação gráfica destes dois últimos casos, dados ordinais ou força de ligação, pode ser realizada com o número da classificação, ou valor da ligação colocado na seta da ligação, ou utilizando essa classificação como escala do desenho das setas, ou ainda, utilizando uma gradação da cor, por exemplo, com a cores mais escuras para as classificações mais

elevadas, e cores mais claras para as classificações mais baixas [Hanneman e Riddle (2005)].

2.3.3. Software análise redes – NetDraw

O NetDraw é um programa informático de desenho de redes sociais, que permite através da forma, tamanho, cor e posição dos nós desenhar grafos.

O programa importa dados numéricos ou textuais em vários formatos, ou através de formato próprio denominado VNA, que foi o utilizado.

As redes muito grandes, com muitos nós, muitas ligações e muitos atributos, por vezes, podem ser muito pouco esclarecedoras do que quer que seja, e muitas vezes é quase impossível conseguir fazer uma análise correcta, sem ter de recorrer a um programa informático como o NetDraw que disponha de um vasto leque de ferramentas, que sem comprometer a extensão da rede ou de uma qualquer sub-rede, permita identificar sub-redes, actores e respectivos graus de importância. Essas ferramentas, estão bem documentadas e resumidas na bibliografia disponível sobre o assunto, não sendo aqui descritas [Borgatti, S.P. (2002)].

2.3.4. Software análise de clusters – WEKA

O WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) é um software de análise computacional e estatística de dados, que recorrendo a técnicas de data-mining, a partir de padrões encontrados nos dados, forma clusters.

Para classificar e agrupar os países em termos de taxa de sucesso dos padrões de colaboração internacional (Tabela 2), e dos padrões de colaboração entre Academia e Industria (Tabela 3), foi utilizado um algoritmo conhecido de minoração dos dados, chamado "simple-K-means", que de forma rápida fornece resultados de qualidade. "K-means clustering" é uma ferramenta do software WEKA, que consiste em calcular uma série de k pontos, chamados centros dos clusters, de forma a que, cada um dos nós, esteja o mais próximo possível do centro do cluster a que pertence. Os clusters são feitos na vizinhança desses centros [Hall, Mark et all (2009)].

3. TRATAMENTO DE DADOS

No capítulo anterior, foram apresentados alguns conceitos importantes à localização do tema que a tese aborda, e à compreensão de alguns conceitos adoptados na realização deste trabalho.

Neste capítulo, é apresentado o trabalho de recolha e tratamento dos dados, que começou numa primeira fase com a leitura de todos os projectos candidatos ao projecto ECHORD, nas três "Calls" de candidatura. Após essa leitura, e tendo definidos anteriormente os dados que poderiam ser interessantes recolher, para a realização do trabalho, procedeu-se à sua recolha e armazenamento numa folha Excel.

Os dados foram registados segundo o modelo de uma matriz rectangular, onde cada linha corresponde a um dos projectos candidatos, e cada coluna aos atributos considerados importantes para a classificação dos projectos.

Esses atributos identificados para cada projecto foram:

- nome do projecto;
- fase em que foi apresentado;
- classificação obtida na avaliação;
- endereço de email do responsável da instituição de origem;
- primeiro nome do responsável de cada instituição de origem;
- último nome do responsável em cada instituição de origem;
- nome da instituição de origem;
- país da instituição de origem;
- tipo de instituição de origem;
- endereço de email do responsável em cada projecto de cada uma das instituições parceiras participantes;
- primeiro nome do responsável de cada uma das instituições parceiras participantes;

- último nome do responsável de cada uma das instituições parceiras participantes;
- nome de cada uma das instituições parceiras participantes;
- país de cada uma das instituições parceiras participantes;
- tipo de instituições parceiras participantes;
- número total de instituições a trabalhar;
- cenário de utilização da tecnologia abordada;
- cenário secundário 1 e 2 de utilização da tecnologia abordada, quando existentes;
- foco de pesquisa;
- foco secundário 1, 2, 3 e 4 de pesquisa, quando existentes;
- palavras chave;
- tecnologia a que se aplica;
- tipo de produtos a que se pode aplicar a tecnologia abordada.

Após a leitura dos projectos e registo dos atributos descritos anteriormente, procedeu-se à formatação e simplificação de alguns dos dados recolhidos, com o objectivo de proceder mais facilmente ao seu tratamento e manuseamento informático.

Em anexo digital são fornecidas duas tabelas: uma, onde estão representadas as abreviaturas seleccionadas para os nomes dos países, na qual foram adoptadas as abreviaturas estabelecidas pelo Comité Olímpico Internacional, em que o nome, de cada país, é representado por uma sequência de três letras maiúsculas; outra, onde se apresentam as abreviaturas adoptadas para os nomes das instituições, na qual a metodologia seguida, foi utilizar a mesma abreviatura indicada por cada um dos candidatos no seu projecto, ou quando esse dado não era referenciado, foi atribuída uma abreviatura, tendo apenas como critério, a não repetição de uma abreviatura de outra instituição. A hiperligação de acesso ao anexo digital é:

http://dl.dropbox.com/u/13230343/Anexos%20Tese%20Messtrado%20Perspectivas%20de%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Rob%C3%B3tica%20na%20Europa/Uma%20an%C3%A1lise%20de%20Clusters%20baseada%20em%20Projectos%20de%20coopera%C3%A7%C3%A3o%20academia_ind%C3%BAstria..pdf.

3.1. Cálculos para análise e caracterização dos dados

Após a obtenção dos dados, sua formatação e simplificação, foram criadas no documento Excel algumas páginas onde foram efectuados cálculos, com o objectivo de preencher tabelas. Sendo estas, utilizadas na análise dos projectos e na elaboração dos ficheiros de dados, para o programa informático de cálculo de redes utilizado, o NetDraw.

De todos as páginas criadas dentro do documento Excel, há que salientar cinco, que são as páginas onde foram realizados os cálculos mais importantes. Estas são as páginas com os seguintes nomes: "Países", "Tipos de Candidatos", "Instituições por Países", "Score" e "Technologies - Product Vision". Nas sub-secções seguintes descrevem-se cada uma destas páginas.

3.1.1. Página "Países"

Na página "Países", foram calculados para cada um dos países intervenientes no ECHORD, os seguintes dados:

- número total de participações;
- número total de participações com classificação >= 10;
- número de participações em projectos que tem cooperação entre
 Universidades ou Institutos de Investigação com Empresas;
- número de participações em projectos que tem cooperação entre Universidades ou Institutos de Investigação com Empresas e classificação >= 10;
- número de participações em que o país candidato é o país de origem do projecto;
- número de participações em que o país candidato é o país de origem do projecto e o projecto teve classificação >= 10;
- número de participações em projectos individuais, isto é apenas com uma instituição envolvida.
- número de participações em projectos individuais e com classificação
 = 10.

Foram também elaboradas, duas tabelas quadradas, uma que trata todos os projectos e outra, que trata apenas os que obtiveram classificação >=10, nas quais são

calculados os números totais de parcerias que cada país, tem com cada um dos outros países participantes e com ele mesmo.

3.1.2. Página "Tipos de Candidatos"

Na página tipo de candidatos, foi dado destaque aos tipos de instituições que se candidataram ao ECHORD. Elas foram classificadas em Três tipos: Universidades, Instituto de Investigação e Empresas.

Os dados determinados foram:

- número total de participações de Universidades;
- número total de participações de Universidades com classificação >=
 10:
- número total de participações de Institutos de Investigação;
- número total de participações de Institutos de Investigação com classificação >= 10;
- número total de participações de Empresas;
- número total de participações de Empresas com classificação >= 10;
- número total de parcerias entre: Universidades com outras Universidades, de Universidades com Institutos de Investigação, Universidades com Empresas; Institutos de Investigação com outros Institutos de Investigação, Institutos de Investigação com Empresas e de Empresas com outras Empresas;
- número total de parcerias em projectos com classificação >= 10 entre:
 Universidades com outras Universidades, de Universidades com
 Institutos de Investigação, Universidades com Empresas; Institutos de
 Investigação com outros Institutos de Investigação, Institutos de

 Investigação com Empresas e de Empresas com outras Empresas;
- número de participações de Universidades em projectos individuais, isto é, apenas com uma instituição envolvida;
- número de participações de Institutos de Investigação em projectos individuais, isto é, apenas com uma instituição envolvida;
- número de participações de Empresas em projectos individuais, isto é, apenas com uma instituição envolvida;

- número de participações de Universidades em projectos individuais,
 isto é, apenas com uma instituição envolvida e com classificação >= 10;
- número de participações de Institutos de Investigação em projectos individuais, isto é, apenas com uma instituição envolvida e com classificação >= 10;
- número de participações de Empresas em projectos individuais, isto é,
 apenas com uma instituição envolvida e com classificação >= 10.

3.1.3. Página "Instituições por Países"

Nesta página foram determinados o número total de instituições de cada um dos países, assim como o número de cada um dos três tipos de instituições de cada país. Estão também, agrupados os nomes e respectivas abreviaturas de cada uma das instituições de cada país.

Consta ainda, uma tabela onde escrevendo a abreviatura de um dos países participantes no ECHORD, obtemos as participações desse país, discriminadas por projecto e por tipo de participação, isto é, se participou como instituição de origem do projecto, ou se foi como instituição do 1°, 2° ou 3° parceiro.

3.1.4. Página "Score"

Nesta página é dada especial atenção às classificações obtidas pelos projectos. Sendo assim, é calculado para cada um dos países envolvidos:

- média da classificação obtida;
- número de classificações >= 10;
- número de classificações < 10;
- classificação máxima obtida;
- classificação mínima obtida;
- soma total das classificações obtidas;
- total máximo de classificações, que seria possível cada um dos países obter, com base no número total das suas participações.

3.1.5. Página "Technologies – Product Vision"

Nesta página, é dada atenção às tecnologias a que se aplica cada um dos projectos, e aos tipos de produtos a que se aplica a tecnologia abordada, por cada um dos projectos.

Assim, os cálculos efectuados nesta página foram:

- número total de projectos em que cada uma das tecnologias a que se aplicam os projectos é abordada;
- número total de projectos com classificação >= 10, em que cada uma das tecnologias a que se aplicam os projectos é abordada;
- número total de projectos em que a tecnologia abordada, se aplica a um determinado tipo de produtos;
- número total de projectos com classificação >= 10, em que a tecnologia abordada se aplica a um determinado tipo de produtos,

Foram também elaboradas duas tabelas rectangulares, uma que trata todos os projectos, e outra que trata apenas os que obtiveram classificação >= 10. Nessas tabelas, as linhas representam as tecnologias, e as colunas representam os produtos. Isto permite, calcular o número de projectos em que se verifica cada um dos possíveis pares formados por uma tecnologia abordada, e um produto a que se aplica essa mesma tecnologia.

3.1.6. Principais cálculos realizados

Nas páginas referidas anteriormente, os cálculos foram efectuados recorrendo, na sua maioria, às funções de estatística do Excel, como por exemplo, "CONTAR.SE", "CONTAR.SE.S", "SOMA.SE" e "SOMA.SE.S" ou associações de algumas delas. Sendo estas, funções relativamente simples e de uso comum para um utilizador frequente do programa Excel, não são aqui apresentadas todas as equações utilizadas.

Será apenas descrito um exemplo, onde foram utilizadas "Fórmulas de Matriz", também designadas por "Formulas CSE" uma vez que, é necessário premir CTRL+SHIFT+ENTER para as introduzir. Estas, serviram para o cálculo, por exemplo, do número de parcerias com classificação >= 10, que cada país tem com cada um dos outros países participantes e com ele mesmo. Estas fórmulas, permitem efectuar cálculos em um ou vários itens de uma matriz, e têm a grande vantagem de com uma única função, evitar a utilização de várias funções intermédias para obter o mesmo resultado.

Com o objectivo de simplificar a escrita das funções e facilitar a compreensão das mesmas, foram atribuídos nomes a alguns conjuntos de células. Os utilizados no exemplo foram:

- "POrigem" que representa as células (H4;H245) onde estão registados os países de origem das instituições, em cada um dos projectos;
- "P1ºParceiro" que representa as células (Q4;Q245) onde estão registados os países das instituições, que se apresentaram como primeiro parceiro em cada um dos projectos;
- "P2ºParceiro" que representa as células (W4;W245) onde estão registados os países das instituições, que se apresentaram como segundo parceiro em cada um dos projectos;
- "P3ºParceiro" que representa as células (AC4;AC245) onde estão registados os países das instituições, que se apresentaram como terceiro parceiro em cada um dos projectos;
- "Score" que representa as células (D4;D245) onde estão registadas as classificações de cada um dos projectos.

Antes de construir a função, é necessário definir o que se pretende calcular, e como poderemos efectuar esse mesmo cálculo, pois caso contrário, corremos o risco de estar a efectuar um cálculo incompleto, isto é, que não abranja todos os casos possíveis em que se verifica o que queremos determinar ou até, que conte o mesmo caso mais que uma vez.

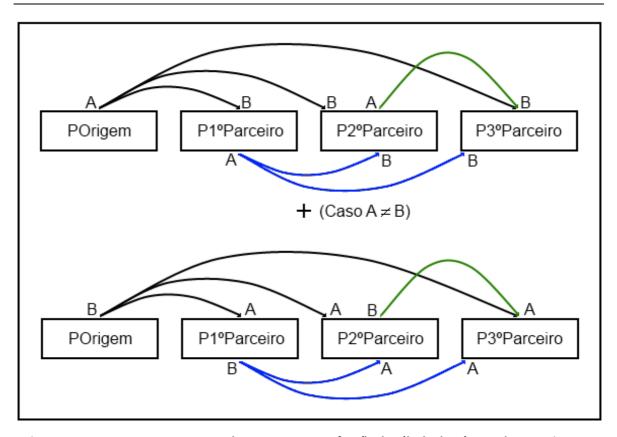


Figura 1. Esquema que representa todos os casos para a função de cálculo do número de parcerias com classificação >= 10 que cada país tem com cada um dos outros países participantes e com ele mesmo.

Um esquema, por vezes pode ajudar a pensar em todos os casos que se pretende contabilizar. A Figura 1, representa o esquema efectuado antes de escrever a função que calcula o número de vezes que um determinado país, por exemplo A, forma uma parceria com outro B. Essa parceria poderia ocorrer se o país A, estivesse na posição POrigem e aí as possibilidades que nos interessam são quando o país B aparecer na posição P1ºParceiro, ou P2ºParceiro, ou P3ºParceiro, que são representados na Figura 1, pelas linhas pretas. Para além destes casos, o país A pode também aparecer como P1ºParceiro. Nesse caso, as possíveis parcerias ainda não contabilizadas, são quando B aparece como P2ºParceiro ou como P3ºParceiro, representados pelas linhas azuis na Figura 1. O país A também pode aparecer como P2ºParceiro e nesse caso, falta contabilizar o caso em que país B aparece como P3ºParceiro, representado na Figura 1, pela linha verde. A todos estes casos, temos ainda de somar os casos em que B aparece nos sítios referidos anteriormente de A, e A aparece nos sítios anteriormente referidos como possíveis ocupações de B, apenas para os casos em que A e B são diferentes. Esta análise considera que não nos interessa o sentido em que se estabelece a ligação, mas sim o total de parcerias. Ao escrever a função temos de ter em atenção que estes casos referidos anteriormente só interessam ser contabilizados

se a classificação do projecto foi >= 10. Assim sendo, a equação utilizada no caso de A e B serem diferentes, foi a que se apresenta de seguida:

```
 \{" = SOMA" \ ("SE" \ ("Score \ge 10;" \ (("POrigem = A")" * " \ ("P1^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P0rigem = A")" * " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P0rigem = A")" * " \ ("P3^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P1^{\circ}Parceiro = A")" * " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" * " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P1^{\circ}Parceiro = B")" * " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" * " \ ("P3^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" * " \ ("P3^{\circ}Parceiro = A")" + " \ ("P3^{\circ}Parceir
```

Ver nota no final da equação seguinte.

No caso de A e B serem o mesmo país, a equação anterior terá de considerar apenas a primeira metade, como se mostra de seguida, de modo a evitar contar duas vezes as mesmas parcerias:

```
 \{" = SOMA" \ ("SE" \ ("Score \ge 10;" \ (("POrigem = A")" *" \ ("P1^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P0rigem = A")" *" \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P0rigem = A")" *" \ ("P3^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P1^{\circ}Parceiro = A")" *" \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P2^{\circ}Parceiro = A")" *" \ ("P3^{\circ}Parceiro = B")" + " \ ("P3^{\circ}Parceiro = B
```

NOTA:

Para que as fórmulas efectuem o respectivo cálculo de forma correcta, é necessário que a sua escrita termine com o premir das teclas CTRL+SHIFT+ENTER. Os parêntesis rectos no inicio e fim da escrita, aparecem de forma automática após esse procedimento. Não devem ser escritos manualmente.

3.2. Tratamento dos resultados obtidos

Após a obtenção das tabelas com os resultados dos cálculos referidos anteriormente, procedeu-se à elaboração dos ficheiros de dados em formato próprio (VNA) do programa NetDraw. Terminada essa elaboração, procedeu-se à introdução dos ficheiros no programa onde após muitas tentativas e muito trabalho exploratório, se obteve os grafos e resultados apresentados no capítulo 4.

Com o objectivo de facilitar o tratamento e análise de alguns atributos e condensar alguma informação que de outra forma, seria muito extensa, de difícil visibilidade e relacionamento, utilizou-se a técnica de sobreposição de imagens, neste caso, de grafos. Utilizando para o efeito o programa informático de tratamento de imagem PaintNet.

3.2.1. Ficheiros em formato VNA

Não querendo aqui descrever a forma como se devem escrever os ficheiros em formato VNA, pois isso seria muito extenso e sem interesse relevante para o documento, será apenas feita uma pequena referência aos aspectos mais relevantes. A Figura 2, apresenta um pequeno exemplo de parte de um dos ficheiros criados.

O formato VNA permite armazenar dados, numéricos ou caracteres, não só das redes mas também dos nós. O ficheiro em si pode ser dividido em três secções: uma onde se armazena dados dos nós (*node data), uma onde são armazenados os atributos dos nós (*node properties") e outra onde são armazenados dados das relações (*tie data). Não é necessária a existência das três secções em cada ficheiro e a ordem como elas aparecem também é indiferente. É necessário especial atenção a que a linha seguinte a cada uma destas instruções (*node data), (*node properties") e (*tie data) deve conter os nomes dos atributos que pretendemos armazenar, sendo que o primeiro desses atributos deve ser sempre "ID" que representa o nome do nó. As linhas seguintes representam cada uma, um nó ou uma ligação. Todos os diferentes dados devem estar separados por um espaço, e quando é necessário na escrita de um dado utilizar duas palavras, elas devem estar entre aspas. [Borgatti, S.P. (2002)]

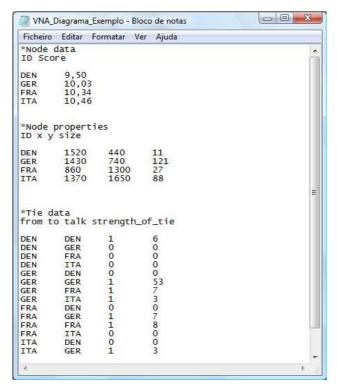


Figura 2. Exemplo de ficheiro em formato VNA.

4. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Padrões de colaboração

Realizado o trabalho referido anteriormente, procedeu-se à caracterização e análise dos resultados obtidos. Foram analisados um total de 242 projectos, dos quais 109 foram apresentados na Call1, 69 foram apresentados na Call2 e 64 na Call3. Podemos observar então que a Call1 foi a que teve mais projectos apresentados com 45% do total, seguida da Call2 com 29% e da Call3 com 26%, tal como está representado na Figura 3.

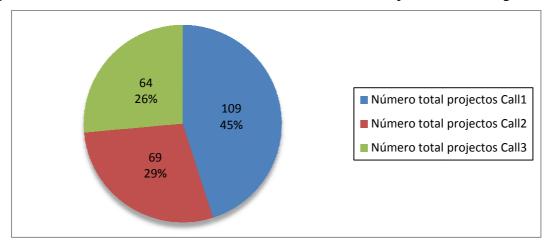


Figura 3. Distribuição do número total de projectos candidatos em cada Call.

Destes projectos 104 obtiveram classificação >= 10, ou seja, 43% dos projectos foram aprovados. As percentagens de aprovação em cada uma das 3 Calls não teve grande variação, tendo sido de 47% na Call1, de 43% na Call2 e 39% na Call3.

Os projectos foram apresentados por um total de 264 Instituições diferentes, sendo 112 Universidades, 46 Institutos de Investigação e 106 Empresas. Podemos observar que as Universidades representam a maior fatia de instituições envolvidas com 42%, seguidas das Empresas com 40% e dos Institutos de Investigação com 17%. A Figura 4 representa essa mesma distribuição.

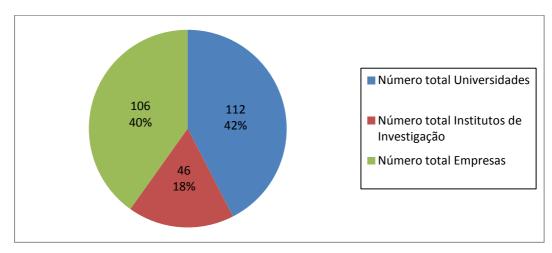


Figura 4. Número total de cada um dos tipos de instituições participantes.

Estas instituições representam um total de 26 países. Na Figura 5, está representado o número total de cada um dos tipos de instituições para cada país participante.

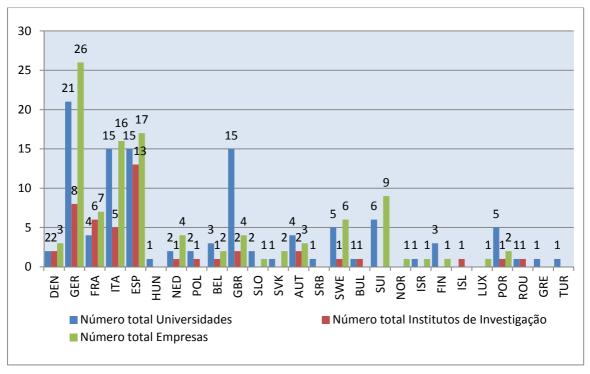


Figura 5. Número total de cada um dos tipos de instituições para cada um dos países.

Podemos constatar que a Alemanha é o país com maior número de Universidades envolvidas 21, seguida pela Itália, pela Espanha e pelo Reino Unido, todos com 15. No que se refere aos Institutos de Investigação, a Espanha é o país que apresenta maior número de participantes, 13, seguida da Alemanha com 8 e da França com 6. Quanto

às empresas, a Alemanha é o país que apresenta maior número, 26 empresas, seguida pela Espanha com 17 e da Itália com 16.

Podemos também verificar que dos três tipos de instituições participantes, os Institutos de Investigação são os que representam menor número de países envolvidos, apenas 15, contra os 18 no caso das Empresas e 23 no caso das Universidades.

Analisando o número de participantes por projecto, apresentado na Figura 6, observamos que os projectos com 2 e 3 participantes foram os mais comuns, e a sua percentagem de aprovação foi significativamente superior, 48,3% e 49,3% respectivamente, à obtida para os projectos que tiveram apenas um interveniente, 25,5%.

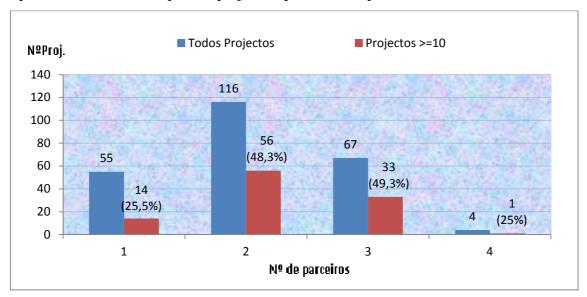


Figura 6. Distribuição do número total de projectos pelo número de parceiros por projecto.

Quanto ao número de países envolvidos em cada projecto, podemos observar que não teve qualquer influência na percentagem de aprovação dos mesmos visto que, tal como se pode ver na Figura 7, as percentagem de aprovação foram praticamente as mesmas quando comparando os casos de projectos com 1, 2 ou 3 países envolvidos.

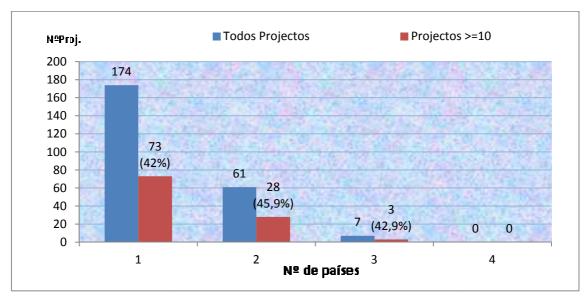


Figura 7. Número de projectos para cada número total de países diferentes envolvidos no projecto.

4.1.1. Parcerias das instituições co-autoras participantes no ECHORD

Utilizando o Netdraw obteve-se a rede das parcerias entre as instituições participantes. Esta incluía 264 instituições, 200 ligações, 48 componentes (grupos de nós em que existe sempre uma ligação entre um e outro nó, utilizando uma ligação directa entre eles ou ligações entre seus vizinhos) e uma média de 2,08 instituições por projecto.

Esta rede é dominada por um grande componente, como se mostra na Figura 8, que contem 114 instituições no qual foram identificados 9 *clusters* através do algoritmo Gervan-Newman, que é uma ferramenta do NetDraw. O "clustering coefficient", ou seja a propensão que cada nó tem para se manter junto no *cluster*, é de 0,406. Este componente contém todas as instituições mais produtivas. Estas são apresentadas na Tabela 1.

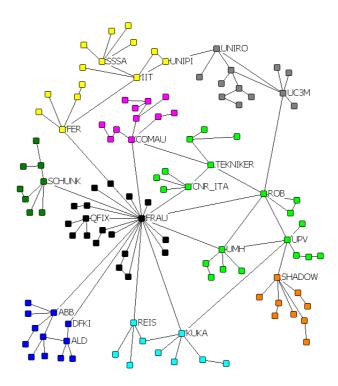


Figura 8. *Clusters* da grande componente da rede das parcerias entre instituições participantes no FCHORD.

Tabela T. Kalikli	ig das participaço	es das mistituiçõe	s participantes i	IO ECHORD.

Ranking	Nome Instituição	Abreviatura	Nº Participações
1	Fraunhofer Institute	FRAU	23
2	Shadow Robotics	SHADOW	10
2	Robotnik	ROB	10
4	Fer Robotics	FER	8
5	ABB	ABB	7
5	Scuola Sup. Sant'Anna	SSSA	7
5	Univ. Poli. Valência	UPV	7

Como esperado, os *clusters* por norma construíram-se à volta de instituições chave, empresas ou institutos de Investigação. Essas instituições, assim como outras que possibilitaram a existência de ligações entre os clusters, estão representadas com a respectiva abreviatura na Figura 8.

O nó representativo do Frauhofer Institute (FRAU) tem maior centralidade e está ligado directamente a 6 dos 9 *clusters*. Observando as Empresas verificamos que não só os maiores e mais tradicionais fornecedores da industria robótica, ABB, KUKA, Schunk e Comau tem os seus próprios clusters mas também as pequenas empresas, como a Shadow

Robot Company (SHADOW), a Qfix Robotics (QFIX), a FER Robotics (FER), Aldebarran Robotics (ALD) e a Robotnik (ROB) têm um papel importante. De realçar o facto de estas últimas serem originárias de países como Reino Unido, Espanha, Áustria e França que até agora não eram habituais fornecedores de hardware. Esse hardware é constituído por produtos muito diversificados, tais como Robot Hands, Humanoides, Compliant Manipulators ou plataformas móveis.

Apesar do elevado nível internacional das parcerias no ECHORD, a análise do Componente mostra que as instituições representadas com respectiva abreviatura, dentro do mesmo cluster tendem a ser originárias dos mesmos países. As representadas a azul claro, são tendencialmente produtores Alemães, as do *cluster* representado a verde claro, são tendencialmente instituições espanholas (Universidade Miguel Hernandez, Universidade Politécnica de Valência (UPV), Tecniker, Robotnik (ROB)) e o cluster representado a amarelo, inclui 3 Institutos de investigação e uma universidade italianos (Scuola Superiore Sant'Ana (SSSA), Italian Institute of Technology (IIT), Universidade de Pisa (UNIPI)).

4.1.2. Parcerias entre países co-autores participantes no ECHORD

Fazendo uma análise relativa aos países co-autores, obteve-se a rede das parcerias entre os países participantes apresentada na Figura 9, esta incluía 26 países, 48 ligações e uma média de 1,846 parcerias por país. De salientar, dois países a Espanha e a Alemanha, por apresentarem o maior número de diferentes países com quem formaram parcerias, 12 e 9 respectivamente.

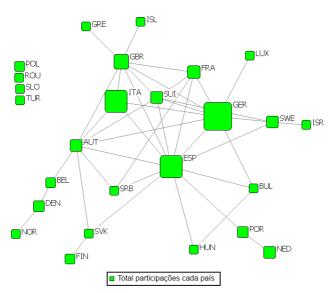


Figura 9. Parcerias entre países participantes no ECHORD.

4.1.3. Clusters dos países participantes no ECHORD

Na Figura 10, está representada uma análise da rede criada por todas as participações, tendo em conta a origem geográfica dos participantes, ou seja, os seus países e respectivas características, tais como taxa de sucesso do país e número total de habitantes. Na Figura 10, os quadrados a azul-claro representam o número total de participações de cada um dos países, os quadrados a azul-escuro, representam o número total de participações com classificação >= 10 e os quadrados a vermelho, representam o número de habitantes (numa escala de uma participação por milhão de habitantes). Por fim, a cinza está representado o número total de parcerias entre cada país e a preto está o número dessas parcerias que obteve classificação >= 10.

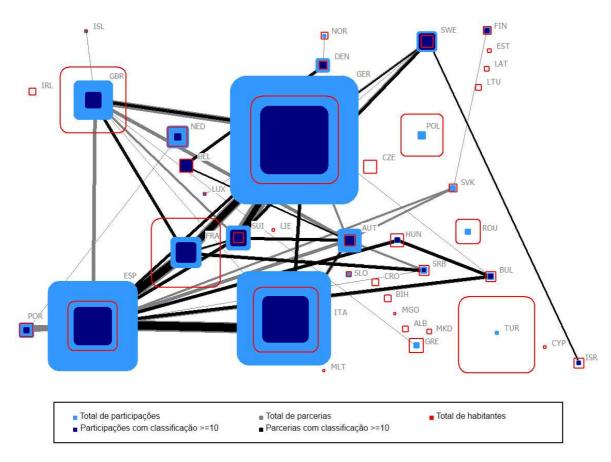


Figura 10. Distribuição geográfica das participações no projecto ECHORD.

Analisando a Figura 10, observamos que um grupo de oito países (Áustria, Dinamarca, Suíça, Suécia, Espanha, Islândia, Luxemburgo e Itália) têm pelo menos 1,5 participações por milhão de habitantes. Estes países podem ser considerados os mais produtivos. No caso da Islândia e do Luxemburgo, que embora tenham mérito por conseguirem ter participações em projectos, têm menos de meio milhão de habitantes, o que faz com que apenas uma participação, chegue para obter uma média de duas participações por milhão de habitantes. Por outro lado, temos um grupo de 13 países (Chipre, República Checa, Estónia, Irlanda, Letónia, Lituânia, Malta, Liechtenstein, Croácia, República da Macedónia, Albânia, Montenegro e Bósnia & Herzegovina) que não apresentou nenhuma participação no ECHORD. Existe ainda outro grupo, constituído por quatro países (Turquia, Roménia, Polónia e Grécia) que tem menos de 0,25 participações por milhão de habitantes, e que é o grupo dos participantes menos produtivos, na pesquisa na área da robótica.

Em termos de qualidade da pesquisa efectuada, observamos que a Bélgica teve 100% das suas participações em projectos avaliados com classificação >= 10, logo seguida

pela a Suécia com 76,4% e um pequeno grupo de três países (Hungria, França e a Suíça) com cerca de 66,6%, 63% e 62% de taxas de aprovação. Por outro lado, temos um grupo de nove países (Noruega, Polónia, Eslovénia, Eslováquia, Islândia, Luxemburgo, Roménia, Grécia e Turquia) que não tiveram qualquer participação em projectos com classificação >= 10.

Quantificando a qualidade das candidaturas de cada país, com base na média das classificações obtidas, o grupo de países mantém-se ao que obteve melhor taxa de aprovação, mas com uma ordem um pouco diferente: Bélgica com classificação média de 10,5, a França e a Suécia com 10,2, Suíça com 10,1 e, por fim, a Hungria com 9,7. No extremo oposto, temos a Turquia com uma média de classificação de 4,5 e a Roménia com 6. Estes dados são apresentados na Figura 11, onde são incluídos apenas os países participantes. Os quadrados verde claro, representam o total de classificação que cada um dos países poderia ter obtido, com base no número de participações, ou seja, se todas as suas participações tivessem tido a classificação máxima que era de 15. Os quadrados a verde escuro, representam o total de classificação obtida por cada país. As linhas a castanho claro e a castanho-escuro, representam as parcerias totais entre cada país e as que obtiveram aprovação, respectivamente.

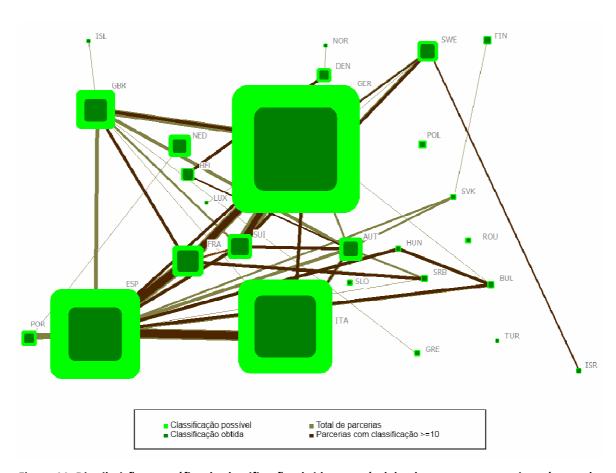


Figura 11. Distribuição geográfica da classificação obtida e possível de obter com o respectivo número de participações para os países participantes no ECHORD.

Em termos de internacionalização das participações, um grupo de seis países (Hungria, Sérvia, Bulgária, Noruega, Islândia, Luxemburgo) só teve participações em projectos internacionais, ou seja, em projectos com mais do que um participante e mais do que um país envolvido. Por outro lado, existem três países (Roménia, Polónia e Turquia) que participaram, mas que não apresentaram qualquer parceria internacional, e destes, a Polónia e a Turquia só tiveram participações em projectos individuais, ou seja, apenas com uma instituição envolvida no projecto.

A análise da Figura 10, reforçada pela Figura 11, mostra algumas diferenças entre os países no que se refere à pesquisa efectuada por cada um, na área da robótica. Para quantificar essas diferenças foi feita uma "K-means clustering analysis", utilizando o software WEKA, apenas aos países que tiveram participações, considerando os seguintes atributos: número de propostas por milhão de habitantes, percentagem de propostas com classificação >= 10, percentagem de parcerias internacionais e a percentagem de parcerias internacionais com classificação >= 10. O peso atribuído a cada uma das características foi

normalizado, à excepção das duas últimas que foi reduzido a metade devido à sua similaridade. Considerando cinco *clusters*, o resultado obtido foi o apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Clusters dos países participantes no ECHORD obtido tendo em conta a sua performance e a suas parcerias internacionais.

Cluster 1	BEL, SWE
Cluster 2	GER, ITA
Cluster 3	DEN, ESP, AUT, SUI
Cluster 4	NED; GBR, FIN, POR
Cluster 5	FRA, HUN, SRB, BUL, ISR

Os resultados demonstrados na Tabela 2, coincidem com os observados na Figura 10, e indicam cinco *clusters* de países com diferentes perfis em relação à pesquisa na área da robótica. O Cluster 1, é caracterizado por ter pequenos/médios países com nível muito alto de qualidade das suas propostas, e com taxa elevada de parcerias de sucesso. O Cluster 2, é caracterizado por ter grandes países com taxa elevada de participação por milhão de habitantes, e por ter taxa de aprovação média. O Cluster 3, é caracterizado por ter elevada taxa de produção com mais de duas participações por milhão de habitantes, mas tem médias/baixas taxas de aprovação, sendo a excepção, a Suíça que tem elevada taxa de aprovação. O Cluster 4, é caracterizado por ter países com baixo sucesso em parcerias internacionais com média taxa de participação por milhão de habitantes, e baixa taxa de aprovação. De todos os *clusters* identificados, este é talvez o mais heterogéneo. Por fim, o Cluster 5, é caracterizado por ter países com baixo número de participações por milhão de habitantes, por ter algumas parcerias internacionais e média/alta taxa da classificação final obtida.

4.2. Parcerias entre Academia e Indústria

Sendo um dos principais objectivos do projecto ECHORD incentivar a parceria entre as instituições académicas (Universidades e Institutos de Investigação) e as instituições industriais (Empresas), foi feito uma análise tendo atenção os três tipos

diferentes de instituições e as suas parcerias. Sendo descritos os resultados na Figura 12 onde podemos observar que:

- o número de participações das Universidades e das Empresas é superior ao dobro do número de Institutos de Investigação, tal como, também tinha sido observado na Figura 4 para o número de instituições participantes;
- o número de parcerias entre Institutos de Investigação e Empresas é mais do dobro do número de parcerias entre Institutos de Investigação e Universidades:
- as parcerias de Institutos de Investigação com outros Institutos de Investigação foram as mais bem sucedidas, pois tiveram maior percentagem de aprovação 62%, tendo sido seguidas pelas parcerias entre Universidades e Institutos de Investigação com 54%, pelas parcerias de Universidades com outras Universidades 52%, Institutos de Investigação com Empresas com 51%, Universidades com Empresas com 45% e, por fim, as parcerias Empresas, com Empresas que foram as piores classificadas com apenas com 36% de aprovações;
- as Universidades foram dos três tipos de instituições, as que apresentaram mais projectos individuais, tendo sido a taxa de aprovação desses projectos, sensivelmente igual aos projectos individuais apresentados pelos Institutos de Investigação;
- as Empresas, para além de terem o menor número de projectos individuais também não tiveram nenhum desses projectos aprovados;
- existe um número substancialmente mais elevado de projectos liderados por Universidades, do que liderados por Institutos de Investigação ou por Empresas.

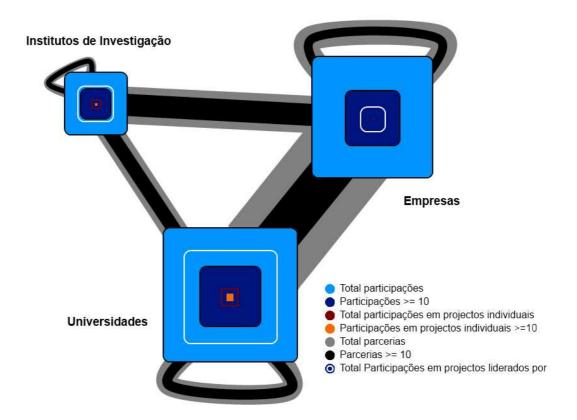


Figura 12. Parcerias entre os vários tipos instituições participantes no ECHORD.

4.2.1. Distribuição geográfica das parcerias Academia e Industria

Procedeu-se à análise geográfica das parcerias entre Instituições Académicas e as Instituições Industriais, pormenorizando a presença ou não, num determinado projecto dessa parceria (Academia com Indústria). Assim, a Figura 13 representa esta análise. Os quadrados azuis e as linhas cinzas e as pretas representam o mesmo da Figura 10. Tendo agora sido acrescentados, quadrados castanhos que representam o número total de participações de cada país, em projectos onde existe cooperação entre Universidades ou Institutos de Investigação com Empresas, e quadrados verdes que representam essas mesmas participações, mas agora restritas aos projectos com classificação >= 10.

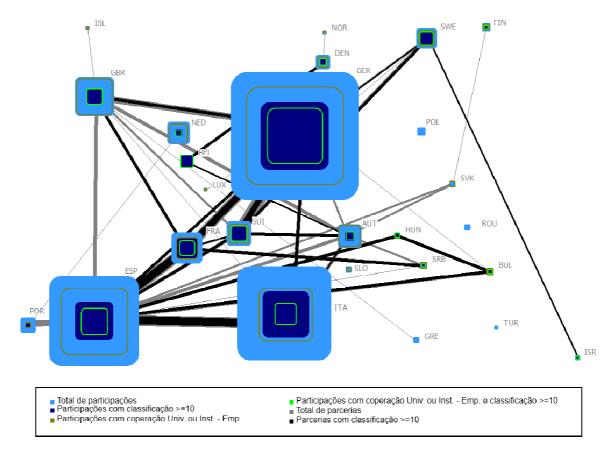


Figura 13. Distribuição geográfica das participações de cada país em projectos onde exista parceria Academia - Indústria.

Um olhar mais atento sobre a Figura 13, evidencia a existência de *clusters* diferentes dos apresentados anteriormente na Tabela 2. Assim, procedeu-se à análise "K-means clustering analysis" apenas aos países que tiveram participações, considerando as participações de cada um, no total dos projectos onde exista uma parceria Academia com Indústria, e nos projectos onde exista para além dessa parceria, classificação >= 10. Os resultados obtidos são os apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Clusters dos países participantes no ECHORD obtido tendo em conta as suas participações em projectos onde exista parceria entre Academia e Indústria.

Cluster 1	BEL
Cluster 2	POR
Cluster 3	DEN, GER, ESP, NED, AUT
Cluster 4	FRA, ITA, ISR, FIN
Cluster 5	HUN, GBR, SRB, SWE, BUL, SUI

O Cluster 1, inclui apenas a Bélgica que é o único país que tem todas as suas participações em projectos com parcerias entre Academia e Indústria, e onde todos esses projectos obtiveram classificação >= 10. O Cluster 2, é constituído apenas por Portugal que se caracteriza por ter baixo número de participações em projectos Academia e Indústria e por não ter nenhum desses projectos com classificação >= 10. O Cluster 3, é caracterizado por países com elevado número de participações em projectos Academia e Indústria, mas que têm médio/baixo número desses projectos com classificação >= 10. O Cluster 4, é caracterizado por países com baixo número de participações em projectos Academia e Indústria, e médio número desses projectos com classificação >= 10. Por fim, temos o Cluster 5 que é caracterizado por ter países com elevado número de participações em projectos Academia e Indústria, e médio/alto número desses projectos com classificação >= 10.

4.3. Ligações entre Tecnologias e Produtos dos projectos do ECHORD segundo STRATEGIC RESEARCH AGENDA FRAMEWORK

Fazendo uma análise tendo em consideração as tecnologias a que se aplica cada um dos projectos, e aos tipos de produtos a que essa tecnologia se aplica, assim como, o número de vezes que cada par tecnologia – produto é abordado num projecto, obtivemos a Figura 14, onde estão representadas as 17 diferentes tecnologias abordadas e os 25 diferentes produtos. Os quadrados em vermelho claro representam o número de projectos em que é abordada uma determinada tecnologia. Os quadrados a vermelho escuro representam o número desses projectos que obtiveram classificação >= 10. Os quadrados em azul representam o número de projectos em que é abordado determinado produto, sendo os em azul claro, o total de projectos e os em azul escuro, o número desses projectos que obtiveram classificação >= 10. As linhas a cinza, representam o número de projectos em que o respectivo par constituído por uma tecnologia e um produto se verificou. As linhas pretas, representam o número de projectos em que esse determinado par se verificou, e em que esse projecto obteve classificação >= 10.

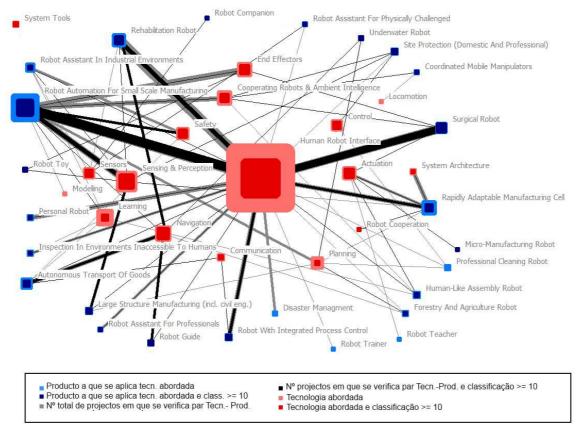


Figura 14. Rede constituída pelas tecnologias abordadas nos projectos candidatos ao ECHORD e os produtos a que essas tecnologias se aplicam.

Analisando a Figura 14, facilmente observamos que a tecnologia mais abordada nos projectos candidatos ao ECHORD foi de longe "Human Robot Interface" com 34,2% do total, seguida pela "Sensing and Perception" com 9,2%, pela "Learning" com 7,1%, pela "Navigation" com 6,5% e pelas "Cooperating Robot & Ambient Intelligence" e "End Effectors", ambas com 6%. Quanto aos produtos a que a tecnologia abordada se aplica, os mais referenciados foram: "Robot Automation For Small Scale Manufacturing" muito destacado com 21,1%, seguido pelo "Rapidly Adaptable Manufacturing Cell" com 9,6%, pelo "Rehabilitation Robot" com 8,8%, pelos "Autonomus Transport Of Goods" e "Surgical Robot", ambos com 7%, e pelo "Robot Assistant In Industrial Environments" com 5,3%.

Relacionando os possíveis cenários de utilização, sugeridos pelos responsáveis do ECHORD (referidos no capitulo 2.1) com os resultados da Figura 14, podemos ver que estes coincidem e estão bem representados. O cenário "human-robot co-worker" é o mais representado na figura através da tecnologia "Human Robot Interface", e de vários

produtos tais como, "Robot Assistant For Professionals", "Robot Assistant In Industrial Environments" e "Robot Assistant For Physically challenged". O cenário "hyper-flexible manufacturing cells" é muito bem representado pelos produtos "Robot Automation For Small Scale Manufacturing" e "Rapidly Adaptable Manufacturing Cell". Por fim, o cenário "cognitive factory" embora com menos representação, também está bem representado com a terceira tecnologia mais abordada, "Learning".

Em termos de qualidade, as tecnologias com melhor percentagem de aprovação são "Robot Cooperation" com 100% (1 em 1), "Navigation" com 75% (9 em 12), "Sensing & Perception" com 70,6% (12 em 17) e "Actuation" com 70% (7 em 10). Por outro lado, os que tiveram pior percentagem de aprovação foram: "Locomotion" e "Modelling" que não estiveram em nenhum dos projectos aprovados; "Planning" que teve 22% (2 em 9); "Learning" que só teve 30,8% (4 em 8). Em relação a produtos, houve cinco que tiveram 100% de percentagem de aprovação: "Robot Guide" (3 em 3); "Robot Toy" (2 em 2); "Underwater Robot" (2 em 2); "Micro-manufacturing Robot" (1 em 1) e "Robot Companion" (1 em 1). Estes foram seguidos pelo "Surgical Robot" com 87% (7 em 8). No outro extremo, os produtos que não tiveram em nenhum dos projectos aprovados foram: "Professional Cleaning Robot" (0 em 3); "Disaster Managment" (0 em 2); "Robot Teacher" (0 em 1) e "Robot Trainer" (0 em 1).

A análise dos pares tecnologia – produto, indica que existe uma grande diversidade de pares, o que demonstra interdisciplinaridade dos temas relacionados com a robótica. Os pares mais frequentes foram os que relacionaram a tecnologia "Human Robot Interface" com os produtos: "Robot Automation For Small Scale Manufacturing", "Rehabilitation Robot" e "Surgical Robot".

No caso do produto mais referido, "Robot Automation For Small Scale Manufacturing", é interessante verificar que os pares que forma, com maior percentagem de sucesso, são com as tecnologias "Safety", "Human Robot Interface" e "Sensing & Perception". Por outro lado, os pares que forma com as tecnologias: "Modelling", "Planning" e "End Effectors" são os que têm piores percentagens de aprovação.

5. CONCLUSÕES

Sendo os projectos do ECHORD, pequenos projectos técnicos, permitiram a existência de projectos individuais e de projectos sem colaboração internacional. A classificação do processo de revisão, demonstra que mesmo nos pequenos projectos (com duração de 18 meses e orçamentos de 300 mil euros), os projectos individuais tiveram pior classificação do que os colectivos, 25,5% contra 48,1% respectivamente. Em termos de participação internacional, a percentagem de classificação >= 10 é a mesma quer se trate de projectos internacionais ou projectos de um país apenas. Este facto, pode indicar que o requisito para o financiamento Europeu de (pelo menos 3 países participantes) pode promover a participação dos países periféricos, mas não tem influência directa sobre a qualidade dos projectos.

Apesar da participação elevada da Indústria nos projectos do ECHORD, é notório que exerceram um papel secundário dentro dos projectos.

"The Human robot interface" é de longe a tecnologia mais relevante, não só no total dos projectos do ECHORD, mas também no seio da comunidade europeia da robótica. Este facto, é demonstrado não só pelo número de vezes em que a tecnologia é referida directamente, mas também, pelo número de vezes que outras tecnologias, relacionadas com os mesmos produtos de aplicação directa na interacção Homem – Máquina, como por exemplo, "Sensing & Perception".

Apesar da relevância dada pelos especialistas europeus na área da robótica, e pelos responsáveis pelo ECHORD, ao cenário "cognitive factory", na estratégia europeia de pesquisa na área da robótica, a tecnologia "Learning" não esteve em foco, nem quanto ao número de projectos envolvidos, que foi médio, nem quanto à qualidade dos mesmos, uma vez que apenas 30,8% dos projectos tiveram classificação >= 10 (4 em 13).

A tecnologia "End Effectors" que está particularmente ligada ao cenário "robot hands & complex manipulation", sugerido pelos responsáveis do ECHORD, obteve uma elevada percentagem de projectos com classificação >= 10, 64% (7 em 11). Apesar desta elevada percentagem de aprovação, curiosamente quando apareceu em parceria com o produto "Robot Automation For Small Scale Manufacturing", esta tecnologia obteve uma percentagem significativamente menor, 25% (1 em 4). Isto indica, que a pesquisa

efectuada em torno de "End-effectors", é tendencialmente feita para fora dos cenários da indústria.

A análise ao nível das parcerias entre instituições, permite concluir alguns factos importantes. Existe um novo grupo de fornecedores, esses fornecedores trabalham com produtos bastante diferenciados, e tem origem em países europeus sem tradição de fornecimento, na área da robótica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borgatti, S.P. (2002) "A Brief Guide to Using NetDraw" e "NetDraw Batch Command Language", acedido a 3 de Outubro de 2011 em: http://www.analytictech.com/downloadnd.htm
- ECHORD "European Clearing House for Open Robotics Development". Informação sobre projecto ECHORD. Acedido a 4 de Outubro de 2011, no Web site: http://www.echord.info/wikis/website/about-us.
- FP7 Specific programme 'Cooperation' Research theme: 'Information and communication technologies'. Acedido em 3 de Novembro de 2011, no Web site da European Commission CORDIS: http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=prog.document&PG_RCN=8 737572.
- Hall, Mark; Frank, Eibe; Holmes, Geoffrey; Pfahringer, Bernhard; Reutemann, Peter; Witten, Ian H. Artigo (2009) "The WEKA data mining software: an update," SIGKDD Explor. Newsl., vol. 11, no. 1, pp. 10-18.
- Hanneman, Robert A. and Riddle, Mark (2005) "Introduction to social network methods" Riverside, CA: University of California, Riverside. Capítulos 1, 2, 3 e 4. Disponível em: http://faculty.ucr.edu/~hanneman/.
- Häring, Markus informação sobre robô "NAO" acedido a 3 de Outubro 2011, no Web site da Aldebaran Robotics: http://www.aldebaran-robotics.com/.
- Linjing Li, Xin Li, Changjian Cheng, Cheng Chen, Guanyan ke, Daniel Dajun Zeng e William T. Scherer (2010) "Research Collaboration and ITS Topic Evolution: 10 Year at ITS". Intell. Transport. Sys. IEEE Transaction, vol. 11, no. 3, pp. 517-523, Sept.2010.
- Pires J. Norberto (2003) "Os Desafios da Robótica Industrial Da interdisciplinaridade às vantagens da cooperação entre empresas e universidades". Publicado no Público, Caderno de Computadores, de 28 de Abril de 2003 páginas 14 a 17.
- Seiler, Edward Informação sobre Isaac Asimov, acedido a 3 de Outubro 2011, no Web site: http://www.asimovonline.com/.
- Veiga, Germano; Araújo, Ricardo; Silva, Cristóvão e Pires, Norberto (2012) "The ECHORD Project proposals analysis." Artigo a aguardar publicação, Universidade de Coimbra.