



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

MESTRADO EM: Economia e Gestão de Ciência e Tecnologia

**PARTICIPAÇÃO PORTUGUESA NO PROJECTO EUROPEU DE
FUSÃO NUCLEAR - AVALIAÇÃO BIBLIOMÉTRICA DO
CENTRO DE FUSÃO NUCLEAR DO IST**

FILIPE JOSÉ FERNANDES MANUEL DA SILVA

Orientação :

Doutor Manuel Mira Godinho
Professor Auxiliar Convidado do ISEG

Doutor Fernando Manuel Moreira Serra
Professor Associado do IST

Júri:

Presidente: Doutor Fernando Manuel Moreira Serra
Professor Associado do IST

Vogais: Doutora Maria Eduarda Barroso Gonçalves
Professora Associada do ISCTE

Doutor José Manuel Monteiro Barata
Professor Auxiliar do ISEG

Doutor Manuel Mira Godinho
Professor Auxiliar Convidado do ISEG

Fevereiro/1997



Glossário de termos e abreviaturas

Resumo

- ASDEX - Axialsymmetrisches Divertor-Experiment.
ASDEX-Up - ASDEX Upgrade.
CFN - Centro de Fusão Nuclear.
CIEMAT - Centro de Investigaciones Energeticas, Medioambientales y Tecnologicas.
CRPP - Centre de Recherches en Physique des Plasmas.
DEMO - Demonstration Fusion Reactor.
EUA - Estados Unidos da América.
EURATOM - European Atomic Energy Community.
IPP - Max-Planck Institut für Plasmaphysic.
ISI - Institute for Scientific Information.
IST - Instituto Superior Técnico.
ISTTOK - IST TOKAMAK.
ITER - International Thermonuclear Experiment Reactor.
JET - Joint European Torus.
JCR - Journal Citation Reports.
LASER - light amplification by stimulated emission of radiation.
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
NET - Next European Tokamak.
OCDE - Organisation de Coopération et de Développement Economiques
RFP - reverse field pinch machine.
SCI - Science Citation Index.
Tep - tonelada equivalente de petróleo.
TOKAMAK - тороидальная камера в магнитных катушках.



Resumo

Neste trabalho efectua-se uma avaliação bibliométrica do Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico. Os capítulos 1 e 2 são capítulos introdutórios que se destinam a situar o trabalho. No primeiro, descreve-se o que é a fusão nuclear. O segundo apresenta o Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico e o Programa Europeu de Fusão. O capítulo 3 introduz o leitor à bibliometria e elabora uma proposta de trabalho. Os resultados obtidos são mostrados no capítulo 4. Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas conclusões.

Palavras-chave: bibliometria; avaliação; centros de investigação; indicadores; métodos quantitativos.

Abstract

In this work a bibliometric evaluation of Centro de Fusão Nuclear (Nuclear Fusion Centre) from Instituto Superior Técnico (Technical Superior Institute) is performed. Chapters 1 and 2 are introductory chapters aimed to delimit the work. In the first, nuclear fusion is described. The second presents Centro de Fusão Nuclear and the European Fusion Programme. Chapter 3 introduces the reader to bibliometrics and a working proposal is done. The achieved results are shown in chapter 4. Finally, in chapter 5, conclusions are drawn.

Keywords: bibliometrics; evaluation; research centres; indicators; quantitative methods.

Índice

Lista de quadros	6
Lista de gráficos	6
Prefácio	7
Agradecimentos	8
Capítulo 1 - Fusão Nuclear - Breve enquadramento do problema	
1.1 - Introdução	9
1.2 - Necessidades energéticas do mundo	9
1.3 - A energia nuclear	11
1.4 - Fusão termonuclear	12
1.5 - Investigação em fusão nuclear	15
1.6 - Sistemas de diagnóstico	16
1.7 - Reflectometria de micro-ondas	16
1.8 - Conclusão	17
Capítulo 2 - O Programa Europeu de Fusão e a participação portuguesa	
2.1 - Introdução	18
2.2 - A fusão nuclear na Europa	18
2.3 - O Programa Comunitário de Fusão	19
2.4 - A participação portuguesa: o Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico	20
2.5 - O Grupo de Micro-ondas do Centro de Fusão Nuclear	23
2.6 - Conclusão	25
Capítulo 3 - Bibliometria - Apresentação de conceitos e proposta de trabalho	
3.1 - Introdução	26
3.2 - Origem dos estudos bibliométricos	27
3.3 - Análise de documentação escrita	27
3.4 - Características de um artigo	29
3.5 - Bases de dados bibliométricas	30
3.6 - O Science Citation Index	31
3.7 - Proposta para o trabalho a realizar	32
3.8 - Método a usar	33
3.9 - Indicadores bibliométricos	33

3.10 - O factor de Impacto de Garfield	36
3.11 - Critérios de selecção a usar	37
3.12 - Indicadores bibliométricos propostos	38
3.13 - Conclusão	41
Capítulo 4 - Análise bibliométrica do CFN - Resultados obtidos	
4.1 - Introdução	42
4.2 - Publicações do CFN	43
4.3 - Publicações em conferências nacionais	44
4.4 - Publicações em revistas científicas nacionais	45
4.5 - Publicações em conferências internacionais	47
4.6 - Publicações em revistas científicas internacionais	48
4.7 - Pesquisa bibliométrica no SCI	49
4.8 - Apresentação dos indicadores bibliométricos obtidos	52
4.8.1 - Número de publicações citáveis (PC), número de publicações citadas (NPC) e número de citações observado (NCO)	53
4.8.2 - Percentagem de publicações citadas	55
4.8.3 - Taxas de citação média esperada (TCME) e observada (TCMO)	55
4.8.4 - Taxa de citação relativa (TCR) e Gráfico relacional da TCMO vs. TCME	57
4.9 - Conclusão	58
Capítulo 5 - Conclusões	
5.1 - Introdução	60
5.2 - Conclusões sobre o método usado	60
5.3 - Resultados qualitativos obtidos	62
5.4 - Resultados quantitativos	62
5.5 - Trabalho futuro	64
5.6 - Conclusão	64
Bibliografia	66

Lista de quadros e gráficos

Quadros

1.1 - Previsão da evolução do consumo mundial de energia.	10
1.2 - Estimativa da duração dos recursos energéticos não renováveis.	11
2.1 - Recursos humanos do CFN.	22
3.1 - Indicadores bibliométricos.	39
4.1 - Factores de impacto dos revistas internacionais onde foram publicados artigos do CFN	56

Gráficos

2.1 - Instituições em ETI.	22
3.1 - Gráfico relacional genérico TCMO vs. TCME.	40
4.1 - Artigos em conferências nacionais.	45
4.2 - Artigos em revistas científicas nacionais.	46
4.3 - Artigos em conferências internacionais.	47
4.4 - Artigos em revistas científicas internacionais.	49
4.5 - Artigos com endereço do CFN.	50
4.6 - Artigos com primeiro autor do CFN.	51
4.7 - Artigos do CFN em 90-95.	52
4.8 - Publicações relevantes (PR) e citáveis (PC).	53
4.9 - Publicações citáveis (PC) e citadas (NPC).	54
4.10 - NÚMERO de citações observado (NCO)	54
4.11 - Percentagem de publicações citadas (PPC).	55
4.12 - Taxas de citação médias esperada (TCME) e observada (TCMO).	57
4.13 - Taxa de citação relativa (TCR).	58
4.14 - Gráfico relacional TCMO vs. TCME.	59

Prefácio

Esta dissertação visa a avaliação bibliométrica do trabalho desenvolvido pelo Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico. Dado ser a fusão nuclear algo ainda desconhecido do público em geral é importante apresentá-la, referindo qual a fenomenologia física envolvida e quais as vias de investigação actuais e sobretudo qual a importância que a fusão poderá vir a ter como fonte energética. Distinguir-se-á entre fusão nuclear e fissão nuclear. Refira-se que as centrais nucleares actualmente em funcionamento são de fissão (ou cisão) nuclear.

A Europa tem vindo a fazer um enorme esforço de investigação em fusão, sendo o seu objectivo final a construção de um reactor de fusão termonuclear controlada. Dar-se-ão a conhecer as linhas gerais do Programa Europeu de Fusão. O aparecimento do CFN e a sua inserção neste ambicioso programa europeu serão, naturalmente, referenciados. Apresentar-se-ão sumariamente as linhas de investigação que estão a ser seguidas por este centro de investigação nacional.

Após este situar no contexto do problema a tratar, falar-se-á de bibliometria, em que consiste, qual a sua aplicação, os cuidados a ter na elaboração de um estudo bibliométrico. Propor-se-ão um modelo e um plano de trabalho para a avaliação do CFN. Os resultados obtidos serão apresentados e com base neles far-se-ão algumas conclusões.

Agradecimentos

Desejo expressar a minha gratidão ao Professor Mira Godinho, do Instituto Superior de Economia e Gestão, pela sua permanente disponibilidade e pronto apoio prestado ao longo da elaboração deste trabalho.

Devem-se igualmente agradecimentos ao Professor Fernando Serra, do Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico, pelo precioso auxílio concedido, nomeadamente a quando da elaboração dos primeiros dois capítulos.

Quero igualmente manifestar o meu reconhecimento à Dr.^a Teresa Amaro do Centro de Fornecimento de Documentação Científica e Técnica da JNICT, que gentilmente me facultou o acesso à base de dados SCI.

Não posso igualmente esquecer a sempre amável colaboração da Dr.^a Ercília Santos, dos Serviços de Informação Científica e Técnica da JNICT, na obtenção das referências bibliográficas de que necessitei.

Finalmente desejo agradecer ao Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico a oportunidade concedida de realizar este trabalho.



Capítulo 1

Fusão Nuclear - Breve Enquadramento do Problema

1.1- Introdução

Neste capítulo pretende-se dizer o que é a fusão nuclear e qual o seu enquadramento face ao problema energético mundial. Mostrar-se-á o que são as energias nucleares de fissão e de fusão nucleares apresentado sucintamente os fenómenos físicos envolvidos. Dar-se-á uma panorâmica das diversas vias de investigação postas em prática na tentativa de construção de um reactor de fusão termonuclear controlada.

1.2 - Necessidades energéticas do mundo

Um dos maiores problemas que o mundo enfrenta actualmente é o do excesso populacional. Em 1990, o número de habitantes do planeta cifrava-se em cerca de 5,3 mil milhões de pessoas, prevendo-se que por volta de 2020 haja 8,1 mil milhões [WEC-93]. Verificar-se-á

concomitantemente um aumento das necessidades energéticas globais, as quais poderão atingir, em meados do próximo século, duas a três vezes o valor presente. No Quadro 1.1 mostra-se como evoluirão as procuras mundiais de energia de acordo com as taxas de consumo actuais ou segundo um cenário mais conservador.

Quadro 1.1- Previsão da evolução do consumo mundial de energia

Grupo de países	Por habitante [tep/ano]			Global [Gtep/ano]		
	1988	2050		1988	2050	
		normal	baixa		normal	baixa
OCDE	5,2	5,2	2,6	4,0	4,6	2,3
Países de leste	4,4	4,4	2,2	1,9	2,1	1,1
Países em vias de desenvolvimento	0,5	1,5	1,0	2,0	13,8	9,2
Mundo (total)	1,5	2,0	1,2	7,9	20,5	12,6

Fonte: [Expo-95]

As fontes de energia disponíveis podem-se dividir em energias renováveis e não renováveis. Nas primeiras, estão incluídas as energias hidráulica, solar, eólica, maremotriz (marés), geotérmica e biomassa, nomeadamente. As energias não-renováveis englobam as energias fósseis (petróleo, gás, turfa e carvão) e as energias de fissão e fusão nucleares.

As energias renováveis provêm de fenómenos naturais. Salvo as energias maremotriz e geotérmica, têm directa ou indirectamente origem no Sol. A utilização destas energias, mesmo sofrendo um aumento substancial e considerando as expectativas sobre a evolução das respectivas tecnologias de exploração, estará longe de satisfazer as necessidades futuras. Existem igualmente limites no que respeita à potência disponível que fornecem. Consequentemente, o uso intensivo de

energias fósseis e nucleares continuará a ser indispensável. Os recursos fósseis e nucleares do planeta são em maior ou menor grau limitados. Considerando um valor médio de exigência em potência de 18 TW ($\cong 13,5$ Gtep/ano) obtém-se como estimativa da duração dos recursos os valores presentes na Quadro 1.2.

Quadro 1.2 - Estimativa da duração dos recursos energéticos não renováveis

Recurso energético	Energia disponível [Joules]	Estimativa de duração [anos]
Petróleo/gás	$3,5 \times 10^{22}$	70
Carvão	$2,0 \times 10^{23}$	400
Fissão	$2,5 \times 10^{24}$	5000
Fusão D-T	$1,0 \times 10^{28}$	2×10^7
Fusão D-D	$1,5 \times 10^{31}$	3×10^{10}

Fonte: [WEC-93]

Constata-se que, a longo prazo, apenas recorrendo aos recursos nucleares se poderão satisfazer as necessidades energéticas da humanidade.

1.3 - A energia nuclear

A energia fornecida pela queima de combustíveis fósseis liberta-se em reacções químicas exotérmicas e provém da energia de coesão à escala molecular. A energia libertada em reacções nucleares tem origem nas forças de interacção fracas, as quais asseguram a coesão dos núcleos atómicos, sendo cerca de um milhão de vezes mais fortes que as forças de

interacção moleculares. Compare-se a energia obtida pela queima de 1Kg de carvão com as que se podem obter através de reacções típicas de fissão e fusão nucleares [WEC-93]:

Queima de 1 Kg de carvão $\leftrightarrow 32 \times 10^6$ J

Fissão de 1 Kg de ^{235}U (urânio-235) $\leftrightarrow 86 \times 10^{12}$ J

Fusão de 1 Kg de deutério (D-D) $\leftrightarrow 600 \times 10^{12}$ J

As centrais nucleares actualmente em funcionamento são exclusivamente centrais de fissão (cisão) nuclear. Obtêm energia através da quebra de núcleos pesados como os de urânio-235 e plutónio. Apesar de serem energeticamente bastante eficientes (a fusão de 1Kg de U-235 produz tanta energia como 2,7 mil toneladas de carvão) e de haver reservas para alguns milhares de anos, a sua utilização é bastante controversa em consequência dos resíduos radioactivos que originam e da possibilidade de um acidente grave com fuga radioactiva.

É por esta razão que existe interesse numa alternativa eficaz às centrais de fissão. Essa alternativa poderá estar na fusão termonuclear controlada.

1.4 - Fusão termonuclear

A fusão nuclear é um processo pelo qual núcleos de elementos leves se fundem em elementos mais pesados, libertando energia. Este processo ocorre continuamente no coração das estrelas onde o hidrogénio é convertido em hélio a temperaturas de 10-15 milhões de Kelvin.

Para reproduzir o processo na Terra, a reacção mais adequada é a que ocorre entre dois isótopos do hidrogénio, deutério e trítio, dado requerer temperaturas mais baixas. A reacção D-T¹ necessita temperaturas superiores a 100 milhões de Kelvin. Abaixo deste valor as reacções decaem rapidamente: para um décimo a 50 milhões de Kelvin e para 1/20000 a 10 milhões de Kelvin [Silva-1992].

São igualmente possíveis, a temperaturas muito mais elevadas, reacções de fusão envolvendo apenas deutério (D-D)² ou deutério e hélio (D-He)³. Caso estes requisitos de temperatura sejam alcançados, estas reacções poderão vir a ser usadas.

O recurso a temperaturas tão elevadas justifica-se pela necessidade de vencer a força de repulsão entre os dois núcleos que participam na reacção de fusão. A mistura D-T é aquecida por forma a garantir uma energia cinética média elevada que permita a junção dos núcleos. Forma-se então um meio ionizado denominado plasma. A partir de uma determinada temperatura iónica (T_i) os iões encontram-se animados de uma energia cinética suficiente para vencerem a barreira electrostática e se fundirem ao colidirem. Uma elevada densidade do plasma (n_e) garante a geração de um valor de potência elevado. O plasma quente tem que ser isolado por forma a não perder energia e a não ser contaminado. A eficácia desse isolamento é expressa por um parâmetro denominado tempo de confinamento de energia (τ_E), que traduz a escala de tempo característica

¹ D + T → ⁴He (3,52 MeV) + n (14,06 MeV)

² D + D —(50%)→ ³He (0,82 MeV) + n (2,45 MeV)
 D + D —(50%)→ T (1,01 MeV) + p (3,03 MeV)

³ D + ³He → ⁴He (3,67 MeV) + p (14,67 MeV)

de arrefecimento do plasma se forem desligadas as suas fontes de aquecimento.

Num reactor de fusão os valores de T_i , n_e e τ_E deverão obedecer ao Critério de Lawson¹. O reactor estará a trabalhar em regime de ignição, com a combustão do plasma a ser auto-sustentada pelos produtos de reacção de fusão não havendo necessidade de fornecimento de potência exterior². A energia cinética do ^4He mantém a temperatura necessária à ocorrência de reacções, sendo a energia dos neutrões usada na produção de electricidade.

A fusão nuclear controlada, usada como fonte energética, oferecerá vantagens significativas. Os combustíveis são abundantes (ver Quadro 1.2). O deutério, extraído da água do mar, é virtualmente inexaurível (0,015% da água é D_2O). O trítio, embora não ocorrendo naturalmente, pode ser produzido a partir do lítio (Li)³, metal abundante na crosta terrestre, em formações graníticas ($\sim 30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), sendo Portugal particularmente rico neste metal.

Um reactor de fusão terá um impacto ambiental mínimo. A quantidade de resíduos será reduzida. Não existem cinzas radioactivas e os gases não queimados são tratados localmente. De notar que, dos consumíveis a usar, nem o deutério nem o lítio são radioactivos. O trítio apresenta uma meia-vida de 12,36 anos. No capítulo da segurança, a possibilidade de ocorrência de reacções descontroladas é impossível, uma

¹ $T_i n_e \tau_E > 5 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ s keV}$, com valores típicos de $T_i \sim 10\text{-}20 \text{ keV}$, $n_e \sim 2\text{-}3 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ e τ_E

$\sim 1\text{-}2 \text{ s}$ [Cabral-94]

² $\partial W/\partial t = P_\alpha - W/\tau_E = 0$

³ $^6\text{Li} + n \rightarrow \text{T} + ^4\text{He}$

$^7\text{Li} + n \rightarrow \text{T} + ^4\text{He} + n$

vez que parando o fornecimento de combustível as reacções morrem em poucas dezenas de segundos.

1.5 - Investigação em fusão nuclear

Tem vindo a ser realizado, há mais de trinta anos, um esforço contínuo para alcançar fusão termonuclear controlada e viabilizar esta forma de energia. Duas vias experimentais distintas estão a ser seguidas: o confinamento inercial e o confinamento magnético.

Na fusão por confinamento inercial uma pequena cápsula, com alguns milímetros de diâmetro, contendo material combustível (D-T) serve de alvo a um feixe de LASER ou de partículas (iões leves ou pesados), sendo comprimida até atingir uma densidade extremamente elevada ($> 10^{31}$ partículas/m³) momento em que se dá a ignição do material. Esta dura enquanto o confinamento do combustível é mantido pela sua própria inércia ($< 10^{-10}$ s).

A forma mais promissora é, no entanto a de confinamento magnético, a qual retém o plasma numa câmara, usualmente de geometria toroidal, recorrendo a campos magnéticos. O plasma é confinado dentro da câmara sem tocar nas paredes e conseqüentemente sem arrefecimento e sem contaminação por materiais arrancados às paredes do contentor.

As máquinas principais de confinamento magnético com geometria toroidal são os RFP, os *stellarators* e os TOKAMAK.

O TOKAMAK, concebido em 1951 pelos físicos soviéticos Igor Tamm e Andrei Sakharov, parece ser o sistema de confinamento mais promissor e o que melhores resultados tem apresentado. Bobinas dispostas



em torno da câmara criam um campo magnético toroidal. Um campo poloidal é criado por uma corrente induzida, por efeito de transformador, no plasma. Estes dois campos adicionam-se num campo total espiralado ao longo do toro, o qual efectua a retenção das partículas carregadas.

1.6 - Sistemas de diagnóstico

A operação de uma máquina de fusão nuclear exige o conhecimento rigoroso de diversos parâmetros do plasma de fusão confinado no seu interior (p. ex.: temperatura, densidade, tempo de confinamento de energia). Dada a impossibilidade de se efectuarem medições directas, uma vez não ser possível introduzir instrumentos no plasma a alta temperatura, há que recorrer a métodos de diagnóstico à distância. Existe uma extensa variedade de técnicas de diagnósticação do plasma. Num grande TOKAMAK poderão existir dezenas de sistemas de medição, muitos deles medindo simultaneamente e de forma independente os parâmetros mais importantes do plasma. Um grupo de sistemas de diagnóstico importante é constituído pelos diagnósticos de micro-ondas, de entre os quais se destaca a reflectometria de micro-ondas, área de investigação onde Portugal se tem destacado.

1.7 - Reflectometria de micro-ondas

O uso da reflectometria na medição de plasmas laboratoriais evoluiu das técnicas usadas na medição da densidade de plasmas ionosféricos. A reflectometria assenta na reflexão de ondas electromagnéticas que se

propagam através de um plasma. Uma onda electromagnética é lançada no plasma ao longo do seu gradiente de densidade e propaga-se até um ponto no qual o índice de refração se anula, sendo então reflectida de volta ao ponto de partida. No estudo de plasmas ionosféricos, a posição da camada reflectora é determinada pela medida do atraso entre a onda transmitida e a reflectida. Em plasmas laboratoriais mede-se usualmente a diferença de fase entre um sinal de sondagem e um de referência, num sistema interferométrico.

1.8 - Conclusão

Como se viu, o aumento crescente da população mundial e do consumo de energia associado deixam supor um futuro onde a energia nuclear se apresenta como a única solução viável. A energia de fissão nuclear (“quebra” do núcleo atómico), actualmente já em exploração nas centrais nucleares de fissão, põe diversos problemas de segurança face à possibilidade de ocorrência de um acidente grave e à necessidade de armazenamento adequados resíduos radioactivos produzidos. A fusão nuclear (“junção” de núcleos atómicos) surge como uma alternativa segura à fissão: combustíveis abundantes, de baixa ou nenhuma radioactividade; baixo impacto ambiental; reduzida quantidade de resíduos, que serão tratados localmente. A investigação contínua que vem sendo realizada há mais de trinta anos aponta a via de confinamento magnético como a mais promissora na construção de uma futura máquina de fusão, a qual será provavelmente um TOKAMAK, já que é a solução que até ao momento melhores resultados apresentou.

Capítulo 2

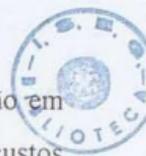
O Programa Europeu de Fusão e a participação portuguesa

2.1 - Introdução

Neste capítulo dar-se-á uma visão do que é e de como se desenvolve o esforço de investigação europeu na área da fusão nuclear e qual o papel desempenhado por Portugal. Apresentar-se-á o Centro de Fusão Nuclear do IST.

2.2 - A fusão nuclear na Europa

Embora as bases teóricas da fusão nuclear remontem aos anos 20 deste século e as primeiras experiências tenham sido feitas nos anos 30, a investigação contínua, organizada com vista à obtenção de um reactor nuclear de fusão, aparece durante os anos 50, tendo como principais intervenientes, na Europa, o Reino Unido e a União Soviética. As primeiras experiências, de dimensões modestas, efectuadas durante as



décadas de 50 e 60, tornaram evidente que o esforço de investigação em fusão teria de ser feito com o suporte de grandes máquinas, cujos custos estariam muito para além do esforço individual das diferentes nações. Deste modo, nasce em 1957 a Comunidade Europeia da Energia Atómica - EURATOM - tendo como base os diversos programas nacionais implementados em vários países europeus. Estes programas foram congregados, nos anos seguintes, num programa europeu conjunto, tendo-se a fusão nuclear controlada tornado um objectivo da Europa.

2.3 - O Programa Comunitário de Fusão

O Programa Comunitário de Fusão, efectuado no âmbito da EURATOM, é um programa de investigação e desenvolvimento, integrando todos os países da União Europeia e a Suíça, tendo como fim último a obtenção de um reactor comercial de fusão seguro e de baixo impacto ambiental para a obtenção de energia eléctrica. O Programa Comunitário de Fusão abrange apenas a via de confinamento magnético, com ênfase especial à configuração TOKAMAK.

O objectivo de alcançar um reactor comercial compreende a construção de três grandes máquinas o JET (em operação), o Next Step (reactor experimental de fusão) e finalmente o DEMO (reactor de demonstração). O JET, cuja concepção começou em 1974, entrou em operação em 1983, sendo a maior máquina de fusão construída até hoje. Os resultados com ele obtidos catapultaram a Europa para uma clara liderança no domínio da fusão. O Next Step será um reactor experimental a trabalhar em regime de ignição e será materializado com a construção ou do NET (Next European Torus) ou, o mais provável, do ITER

(International Thermonuclear Experiment Reactor), o qual consistirá num acordo quadripartido entre a União Europeia, o Japão, os EUA e a Federação Russa. O ITER começará a operar na primeira década do próximo século. A última etapa consistirá na construção de um reactor, o DEMO, o qual demonstrará a viabilidade prática e económica da produção de electricidade a partir da fusão nuclear. O DEMO aparecerá provavelmente em meados do próximo século.

Relativamente ao Programa Europeu de Fusão, actualmente em vigor, ele é executado através de projectos comuns de grande dimensão como o JET e de Contratos de Associação com as instituições de cada país membro.

Conforme o previsto no Tratado da UE, as novas descobertas e aplicações científicas são fundamentais para que se obtenha um crescimento estável, capaz de gerar emprego. Seguindo esta orientação estratégica, o Conselho de Ministros da União Europeia inclui a fusão termonuclear como um dos objectivos importantes do IV Programa-Quadro com a aprovação de um Programa Específico de Fusão Termonuclear (1994-1998) para o qual foram disponibilizados 840 MECU.

2.4 - A participação portuguesa: o Centro de Fusão Nuclear do Instituto Superior Técnico

Em 1986 um grupo de investigadores do Centro de Electrodinâmica do IST iniciou a participação portuguesa no Programa Europeu de Fusão com a criação do Grupo de Fusão Nuclear do IST, o qual veio a originar o

Centro de Fusão Nuclear do IST em 1990, ano em que foi estabelecido um Contrato de Associação entre o IST e a EURATOM.

O CFN tem vindo a desenvolver trabalho de investigação dentro e fora do país. Em Portugal foi projectado e montado um TOKAMAK, o ISTTOK, que se encontra presentemente a operar com os objectivos de formação de pessoal, desenvolvimento de novas técnicas de diagnóstico e de realização de um programa científico próprio. No estrangeiro, o CFN participa em projectos de média e grande dimensão nas áreas de reflectometria de micro-ondas, diagnósticos por feixes de iões pesados, controlo e aquisição de dados e geração não-indutiva de corrente, onde a competência portuguesa é internacionalmente reconhecida.

O CFN conduz actualmente vários projectos de investigação:

- O TOKAMAK ISTTOK, sediado no IST.
- Estudo das propriedades de transporte no ASDEX-Up usando reflectometria de micro-ondas, em colaboração com o Max-Planck IPP, Alemanha.
- Projecto de instalação e operação de dois sistemas de reflectometria para o JET, Reino Unido.
- Estudo da actividade magneto-hidrodinâmica em descargas de elevado desempenho.
- Estudos sobre a geração não indutiva de corrente.
- Diagnósticos de espectroscopia na banda X, para o TOKAMAK TCV.
- Participação no projecto de diagnósticos para o ITER.

O CFN colabora com diversas instituições estrangeiras associadas ao Programa de Fusão, de entre as quais se salientam: o Max-Planck Institut für Plasmaphysic (IPP), JET Joint Undertaking, Centre de

Recherches en Physique des Plasmas, Istituto di Fisica del Plasma, Departement de Recherches sur la Fusion Controlée, Centro de Investigaciones Energeticas, Medioambientales y Tecnologicas (CIEMAT).

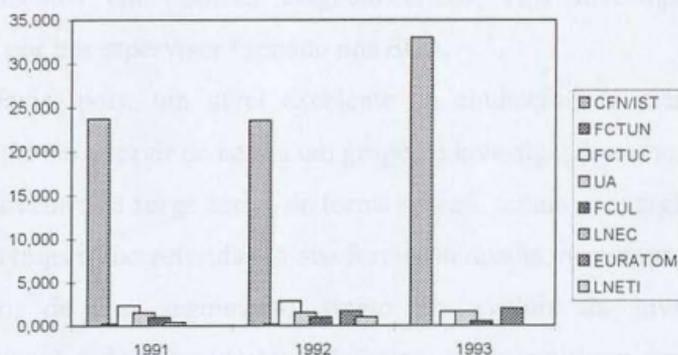
No quadro seguinte apresentam-se, em ETI, os recursos humanos do CFN afectos a actividades de I&DE nos anos de 1991 a 1993. Mostra-se igualmente (Gráfico 2.1) o peso de diversas instituições nos recursos humanos do CFN, verificando-se ser o IST o maior contribuidor.

Quadro 2.1-Recursos humanos do CFN

	1991	1992	1993
Nº ETI do CFN	29,169	31,775	38,730

Fonte: [Associação EURATOM-IST]

Gráfico 2.1 - Instituições em ETI



2.5 - O Grupo de Micro-Ondas do Centro de Fusão Nuclear

O Grupo de Micro-ondas do CFN (GMO) tem vindo a desenvolver um trabalho pioneiro e inovador no campo da reflectometria de micro-ondas, sendo actualmente reconhecido como um líder neste domínio.

O núcleo de competências em posse deste grupo resulta de um percurso já com alguns anos e que importa referir. Durante a primeira metade da década de 70, instalaram-se no IST e na Universidade de Aveiro laboratórios de micro-ondas com pessoal qualificado de entre o qual se salientam investigadores formados em micro-ondas no Reino Unido. Verificou-se, por parte destes, a acumulação de conhecimentos e experiência em telecomunicações, sustentados por uma boa base teórica. Simultaneamente, o Centro de Electrodinâmica do IST (CEL), supervisionado por um investigador com formação em física de plasmas com forte componente experimental, possuía já uma considerável experiência em plasmas laboratoriais. Havia igualmente bons conhecimentos em plasmas magnetosféricos, cuja investigação era dirigida por um supervisor formado nos EUA.

Havia, pois, um nível excelente de conhecimento científico e técnico pronto a servir de base a um grupo de investigação como o GMO, cujo aparecimento surge assim, de forma natural, como convergência das diversas trajectórias referidas. A sua formação resulta, no entanto e acima de tudo, de um seguimento atento do evoluir da investigação internacional e de uma postura dinâmica, que permitiram uma pronta identificação de uma área de oportunidades onde era possível competir eficazmente, executando trabalho de alto valor acrescentado.

Em Outubro de 1987 foi celebrado um contrato entre a EURATOM e o IST visando o estudo de propriedades de transporte num plasma recorrendo à reflectometria de micro-ondas. Foi para o efeito desenvolvido um sistema de reflectometria para o TOKAMAK ASDEX (situado no Max-Planck IPP), dentro do âmbito de cooperação entre o IST e o IPP em Garching. O sistema foi concebido pelo IST em colaboração com a Universidade de Aveiro, o LNEC e o IPP. O sistema foi instalado no ASDEX em Setembro de 1988 e começou a operar em meados de Dezembro desse ano. Até ao final de operação do ASDEX, em 1990, foram introduzidas diversas modificações no sistema, fruto de um esforço contínuo e inovador, que em muito melhorou a operacionalidade do sistema.

Provou-se no ASDEX a exequibilidade da reflectometria de micro-ondas como técnica viável e poderosa de diagnóstico. Com a experiência adquirida realizou-se, em finais de 1990 o estudo técnico de um sistema de reflectometria para o ASDEX-Up (máquina que substituiu o ASDEX). Em finais de 1991 celebrou-se um contrato entre o IST e o IPP que deu continuidade ao trabalho já realizado, consistindo na concepção, construção e operação de um sistema reflectométrico para o ASDEX-Up.

Para o JET foram projectados, construídos e instalados dois sistemas de reflectometria de micro-ondas.

A prova da elevada capacidade deste grupo de investigação português é a sua participação no projecto de diagnósticos para o ITER, onde coordena a área dos diagnósticos de reflectometria.

A grande competência do Grupo de Micro-ondas resulta da aplicação de técnicas solidamente estabelecidas na área de telecomunicações à área da física experimental. Ao contrário do que se verifica usualmente, o grupo português dispõe de um número elevado de

engenheiros de telecomunicações devidamente complementado com especialistas em física e pessoal técnico competente. Há assim um largo espectro de competências e uma multidisciplinidade que lhe conferem uma elevada capacidade para resolver problemas novos. Foi igualmente criada, em colaboração com diversos departamentos universitários qualificados, uma rede de consultoria a que se recorre quando é necessário.

2.6 - Conclusão

O esforço europeu de investigação vem sendo conduzido desde finais da década de 50 pela EURATOM, estando actualmente implementado através do Programa Europeu de Fusão. Este tem como objectivo último a construção de um reactor comercial de fusão nuclear para a produção de energia eléctrica. Com este fim em vista foi proposta a construção de três grandes máquinas, o JET (em funcionamento), o Next Step (reactor experimental em regime de ignição) e o DEMO (reactor comercial). A participação portuguesa no esforço europeu de investigação começou em 1986 e culminou na criação do Centro de Fusão Nuclear do IST com a celebração de um Contrato de Associação entre o IST e a EURATOM em 1990. O CFN desenvolve um trabalho de investigação importante dentro e fora de Portugal com particular incidência nas áreas de reflectometria de micro-ondas, diagnósticos por feixe de iões pesados, controlo e aquisição de dados e geração não-inductiva de corrente. O Grupo de Micro-ondas do CFN tem vindo a fazer um importante trabalho na área de reflectometria de micro-ondas nos TOKAMAK ASDEX-Up (Munique) e JET (Oxónia).

3.2 - Origem dos estudos bibliométricos

Há cerca de vinte anos que diferentes disciplinas têm vindo sendo analisadas recorrendo à diversas técnicas, que se designam por análises quantitativas, visando ao estudo e interpretação estatística da realidade, mas também a própria aplicação da produção das bibliotecas e arquivos. Esta disciplina, denominada bibliometria, foi desenvolvida em 1970 com o lançamento da revista "Bibliometrics" por S.

Capítulo 3

Bibliometria - Apresentação de conceitos e proposta de trabalho

3.1- Introdução

Pretende-se fazer, neste capítulo, uma pequena introdução à bibliometria e indicar como se desenvolverá o presente trabalho. Dar-se-á uma ideia de quais as ferramentas de trabalho disponíveis e de como serão usadas. Propor-se-á uma metodologia de trabalho e definir-se-ão quais os indicadores que se pretende calcular.

3.2 - Origem dos estudos bibliométricos

Há cerca de vinte anos que diversos trabalhos vêm sendo feitos, recorrendo a diversas técnicas, com os objectivos de analisar quantitativamente e de medir a actividade científica, não só os recursos e resultados, mas também a própria organização da produção dos conhecimentos e saberes⁷. Esta disciplina, denominada *cienciometria*, foi formalizada em 1979 com o lançamento da revista “*Scientometrics*” por S. Price. Os estudos desenvolvidos nesta área foram desde cedo utilizados como instrumento de política e gestão da ciência. O próprio Price, a partir dos seus estudos, elaborou uma série de recomendações destinadas a auxiliar a condução das políticas científicas por parte dos poderes públicos. Parte importante desta actividade assenta nos estudos bibliométricos (cuja origem é anterior à actividade *cienciométrica*). Os trabalhos bibliométricos desenvolveram-se a partir de 1963, com a fundação, por E. Garfield, do Institute for Scientific Information (ISI), em Filadélfia. Em Portugal têm-se igualmente desenvolvido esforços de análise bibliométrica sendo de referir em particular os conduzidos pela equipa do Professor Cândido Marciano na JNICT.

3.3 - Análise de documentação escrita

A bibliometria trata a informação contida nos documentos produzidos pela comunidade científica, pelo que é importante compreender

⁷ Este esforço insere-se num movimento geral de organização da C&T que compreendeu as fases de planeamento (anos 60), de gestão (anos 70) e de avaliação “*ex post*” (anos 80) [Caraça-93]. O Manual de Frascati, concebido, sob a égide da OCDE, para uniformizar e enquadrar a recolha de dados sobre I&D tem uma génese paralela [OCDE-94].

o lugar destes na produção do conhecimento científico: saber o tipo, como se distribuem e qual a razão da sua escrita. Para tal recorrer-se-á ao conceito de “Rosa dos Ventos da Investigação” [Callon-93], proposto pelo Centre de Sociologie de l’Inovation de l’Ecole des Mines de Paris, que esquematiza a actividade de investigação segundo cinco dimensões de interacção possíveis: produção de conhecimentos certificados (comunidade científica); formação (sistema de ensino); inovações económicas (mercado); vulgarização e especialização (meios de comunicação e administração) e interesse geral (políticas públicas).

Quaisquer que sejam as dimensões em que se veja envolvido, um investigador terá que produzir documentação escrita: ao participar nos processos inovativos escreve e deposita patentes, produz notas técnicas e guias de utilização; nas actividades de formação, redige manuais, sebatas e orienta a produção de teses e trabalhos finais; quando se dirige aos poderes públicos, requer apoios e financiamentos e escreve relatórios; a sua interacção com os meios de comunicação e o exercício da função de peritagem levam à elaboração de textos de divulgação e de pareceres e regulamentos.

O presente trabalho incidirá essencialmente sobre a dimensão referente à produção de conhecimentos certificados. Esta certificação é feita pela comunidade científica, a qual avalia a qualidade e julga qual o interesse dos trabalhos produzidos. O meio pelo qual a comunicação desses conhecimentos certificados se efectua é a publicação de artigos. A análise de artigos apresenta vantagens a nível teórico e prático: como meio de divulgação dos conhecimentos e saberes, reflecte o estado da ciência e da técnica perto do momento de produção. Um artigo é produzido de acordo com normas altamente codificadas, o que facilita a obtenção de dados e mantém um padrão constante. Este tipo de documento é

igualmente de fácil acesso, havendo bases de dados que se especializaram na sua recolha e catalogação.

3.4 - Características de um artigo

A escrita de um artigo deverá seguir normas mais ou menos padronizadas, exigidas pelas revistas nas quais estes serão publicados. Os artigos apresentam o texto com uma disposição que inclui obrigatoriamente um determinado conjunto de informações. Uma delas é a revista na qual são publicados. Este conhecimento, à primeira vista pouco interessante, traz associado indicações importantes. Os artigos presentes numa revista são julgados e seleccionados por árbitros ("*referees*"), cuja severidade e critérios de selecção são mais ou menos rigorosos de revista para revista. Desta forma, a revista de publicação é um indício da qualidade do trabalho em questão. O tipo da revista (pluridisciplinar, específica, teórica ou experimental) e a sua língua permitem inferir a audiência a atingir.

Encimando um artigo surge o título, dando indicações precisas acerca do problema analisado no trabalho. Seguem-se os nomes dos autores, com as respectivas filiações, as quais incluem o nome e endereço das instituições e o país onde se localizam. O texto propriamente dito começa com um sumário ("*abstract*"), terminando com uma secção de conclusões. A leitura destes é usualmente suficiente para dar uma ideia de como o problema a que o artigo se reporta é tratado e quais os resultados obtidos.

O último bloco é o das referências, uma lista de artigos citada pelos autores. As citações traduzem a visibilidade de um trabalho e o seu

impacto. Note-se que um impacto baixo não é necessariamente sinónimo de baixas qualidade, importância ou utilidade.



3.5 - Bases de dados bibliométricas

Na realização de estudos bibliométricos surge a necessidade de procurar, identificar e recolher documentação necessária ao trabalho em questão. Tal tarefa apenas pode ser realizada com o auxílio de bases de dados vocacionadas para a recolha, catalogação e tratamento de documentos escritos, nomeadamente de artigos.

Podem-se identificar bases de dados especializadas e pluridisciplinares ou generalistas. As primeiras ocupam-se dos documentos produzidos por uma disciplina ou domínio de conhecimento, como são os casos da Physical Abstracts (ciências físicas), INSPEC (electricidade e electrónica), BIOSIS (ciências da vida), Medline (ciências médicas) e Astronomy and Astrophysics (astronomia e astrofísica). De entre as bases de dados de alcance geral destacam-se as coligidas e publicadas pelo ISI: Social Sciences Citation Index (SSCI) para as ciências sociais, Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) para as artes e humanidades e a Science Citation Index (SCI) para as ciências exactas. Estas bases têm um carácter único, já que são as únicas que registam as citações presentes nas diversas publicações.

3.6 - O Science Citation Index

O SCI cobre cerca de 4.500 revistas (das cerca de 45.000 que se publicam na área de C&T), contabilizando o número de artigos e as citações a eles referentes. As revistas mais citadas, cerca de 3000, são seleccionadas para constarem na base de dados final. Este número restrito de revistas constitui o núcleo por onde passa a informação mais influente produzida. As revistas seleccionadas são responsáveis por cerca de 85% das citações de artigos científicos, o que certifica o seu uso na avaliação da actividade científica de ponta.

O SCI regista os diversos tipos de documentos presentes nas fontes seleccionadas (artigos, notas de leitura, críticas a livros, obituários,...). Um trabalho pode estar presente nas bases do ISI, sem que pertença a uma das revistas monitorizadas, sob a forma de citação. O ISI regista todas as citações presentes num artigo, quer estas provenham ou não das suas revistas nucleares. Mostra-se seguidamente o registo típico de um trabalho (uma nota) constante na edição de 1995 do SCI.

Authors: Nunes-FD Leitao-JMN

Title: Fast Algorithm for Computing the Abel Inversion Integral
in Broad-Band Reflectometry

Source: REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS

1995, Vol 66, Iss 10, pp 5106-5107

Language: English

Document type: Note

TGA No.: TA431

No. Cited Refs: 6

Related Records: 9

Addresses:

INST-SUPER-TECN, INST TELECOMUN, DEEC, P-1096 LISBON, PORTUGAL

INST-SUPER-TECN, EURAROM IST ASSOC, CTR FUS NUCL, P-1096

Cited references:

- GRADSHTEYN-IS-1965-TABLES-INTEGRALS-SER
HANSEN-EW-1982-IEEE-T-ACOUST-SPEECH-V30-P874
HANSEN-EW-1985-J-OPT-SOC-AM-A-V2-P510
LEHECKA-T-1988-REV-SCI-INSTRUM-V59-P1620
NUNES-FD-1993-20TH-P-EPS-C-CONTR-F-V17
SIMONET-F-1985-REV-SCI-INSTRUM-V56-P664

3.7 - Proposta para o trabalho a realizar

Neste trabalho pretende-se efectuar uma avaliação do CFN, recorrendo a indicadores bibliométricos quantitativos e determinar qual a aplicabilidade do método usado. Pretende-se determinar se os indicadores conseguidos poderão constituir uma ferramenta auxiliar de avaliação. A avaliação poderá ser feita por quem possua conhecimentos na área de C&T, ou treino específico em bibliometria ou experiência no campo científico em questão. Os trabalhos de avaliação bibliométrica são geralmente efectuados a uma escala de agregação mais elevada do que aqui se pretende. Ao se efectuar uma monitorização a uma micro-escala, os conhecimentos sobre o historial, trajectória científica e funcionamento da instituição em questão, desempenham um papel crucial para a correcta análise e interpretação dos resultados obtidos.

Como ponto de partida para este trabalho efectuar-se-á um levantamento dos hábitos de publicação do CFN. Verificar-se-á o tipo e distribuição de publicações do centro durante o período compreendido entre 1990, ano de formação do CFN e 1995, último ano, à data da elaboração deste estudo, para o qual se pôde obter dados completos. Depreende-se de imediato ser um período relativamente curto, facto a ter

em conta durante a elaboração do trabalho e no momento da análise de dados e elaboração de conclusões.

3.8 - Método a usar

O primeiro passo será o levantamento, com base nos relatórios de actividade publicados anualmente pelo CFN, do tipo de publicações existentes. Será dada uma atenção especial às publicações internacionais com particular relevância às revistas internacionais, já que será a partir destas que se construirão os indicadores bibliométricos a usar. Os dados para os indicadores serão obtidos recorrendo ao SCI. A passagem prévia pelos dados publicados pelo CFN servirá para obter uma primeira imagem do padrão de publicações e dos critérios usados. Obter-se-á igualmente dados sobre as publicações que caem fora dos critérios a usar na elaboração dos indicadores.

3.9 - Indicadores bibliométricos

Os indicadores bibliométricos podem ser ordenados em duas categorias: indicadores de actividade, que avaliam o volume e impacto das actividades de investigação e indicadores relacionais, os quais procuram seguir as ligações e interacções entre investigadores, instituições ou domínios científicos.

Indicadores bibliométricos de actividade constituem [Schubert-88] medidas estatísticas baseada em contagens do:



- número e distribuição de publicações.
- número e distribuição de autores.
- número e distribuição de referências.
- número e distribuição de citações⁸.

e que permitem diversos tipos de interpretação, a diversos níveis de agregação, construção de séries cronológicas, etc.

O indicador mais simples que se pode ter é uma simples contagem de publicações, a qual indicia de imediato como se está a processar a evolução da actividade dos investigadores numa determinada área. A contagem de citações constitui igualmente um indicador de actividade bastante utilizado. O recurso às citações serve para avaliar a visibilidade e o impacto dos trabalhos em estudo. Há algumas questões a ter em atenção na contagem de citações:

- O facto de terem por base exclusiva os registos do ISI;
- Nomes homógrafos: apenas a inspecção directa dos registos pode levantar ambiguidades;
- As citações são indexadas pelo primeiro autor do artigo. Autores cujo nome não figure em primeiro lugar estarão assim “ausentes” em termos de citações;
- O ciclo de vida das citações: quanto tempo é necessário esperar para que um artigo se torne citado, incorporado no património do conhecimento colectivo;

⁸Constituem referências, as obras que aparecem indicadas pelo autor no fim do trabalho. Por citação entende-se a indicação específica, no texto, a uma obra. Há autores que não fazem a distinção. Neste trabalho adoptar-se-á esta última abordagem.

- Auto citações e citações internas;
- Os diferentes domínios de investigação;
- A hegemonia da língua inglesa.

Para que os indicadores possam ser usados com confiança, alguma precaução se impõe na sua realização. Torna-se necessário assumir um modelo: é preciso decidir o que deve ser considerado como publicação válida, como a posicionar nos diversos campos de conhecimento ou como atribuir a autoria no caso de existência de múltiplos autores. Pretendendo-se usar os resultados obtidos com um grau de fiabilidade estatística associado, ter-se-ão de assumir igualmente modelos quantitativos adequados à frequência, distribuição e padrão de evolução da população em estudo. Para a obtenção de uma estatística válida, há que considerar populações suficientemente grandes. Quanto maior for a amostra, maior será o grau de fiabilidade das estimações.

Outro factor importante a ter em mente é a necessidade de manter a uniformidade, a qual torna possível a realização de comparações entre estudos diferentes. Deste modo:

- (i) Os dados deverão provir de uma fonte comum - é impossível comparar directamente resultados obtidos por diferentes organizações, já que os métodos, convenções e terminologia usados podem diferir substancialmente;
- (ii) Há que definir um padrão de referência - os indicadores necessitam de ser referenciados a um padrão comum para permitir a comparação entre diversas instituições;
- (iii) Os indicadores deverão ser consubstanciados por estimativas estatísticas de fiabilidade - este ponto só poderá ser garantido caso

exista um modelo quantitativo plausível e a amostra considerada seja suficientemente ampla.

Os indicadores a observar neste trabalho, basear-se-ão em contagens do número de publicações e de citações e em diversos rácios calculados a partir dos dados recolhidos.

3.10 - O Factor de Impacto de Garfield

O factor de impacto de Garfield (FI) traduz o número médio de citações que um artigo típico de uma revista X recebe num ano j. As citações desse ano referem-se a artigos publicados nos dois anos O FI do ano j de uma revista X calcula-se dividindo o número de todas as citações do ano j (presentes em revistas do SCI) referentes a artigos publicados em X durante os anos j-1 e j-2 pelo número total de artigos que X publicou em j-1 e j-2.

$$FI_{ano\ j}(X) = \frac{N^{\circ} citaç. SCI_{ano\ j}(artigos\ de\ X_{ano\ j-2}) + N^{\circ} citaç. SCI_{ano\ j}(artigos\ de\ X_{ano\ j-1})}{N^{\circ} artigos\ de\ X_{ano\ j-2} + N^{\circ} artigos\ de\ X_{ano\ j-1}}$$

Deste modo, o FI constitui uma forma de estimar a “qualidade” de uma revista. Serve igualmente de padrão normalizado, pelo qual se podem aferir as taxas de citação de um conjunto de artigos a avaliar.

O FI mede o impacto científico de curto prazo, uma vez que a contagem de citações apanha os artigos publicados nos dois anos anteriores ao ano de referência do cálculo. Esta janela de citações justifica-se pelo facto de uma percentagem elevada das citações

ocorrerem, na maioria das áreas científicas, nos primeiros anos de vida de um artigo. O segundo ano de publicação é usualmente aquele no qual ocorre o pico das citações.

Os FI para as diversas revistas nucleares do SCI são calculados anualmente pelo ISI e publicados no Journal Citation Reports (JCR).

3.11 - Critérios de selecção a usar

Tendo em conta o que foi dito nos pontos anteriores, considerar-se-á como artigo válido o que satisfaça as seguintes condições:

(i) Ser divulgado por uma publicação que conste na base de dados do SCI, publicada pelo ISI.

(ii) Conter um endereço do CFN.

(iii) Ser um⁹ :

Artigo, relatório ou artigo técnico.

Revisão ou bibliografia.

Carta ou comunicação.

Nota técnica.

Sobre esta escolha, importa fazer algumas considerações. A escolha do SCI para a recolha de dados, assegura a existência de uma fonte comum já que esta base de dados está na origem da maior parte dos estudos bibliométricos.

No caso de autoria partilhada, entre investigadores do CFN e de outras instituições, será a existência de um endereço do CFN que validará

⁹ Os diversos tipos de publicações apresentados neste ponto serão, daqui para a frente, referidos genericamente como artigos.

a publicação. Um artigo nestas condições contará como uma unidade para cada uma das instituições cujo endereço está publicado.

Quanto ao tipo de publicações, a escolha recai sobre aquelas onde se comunicam resultados de trabalhos científicos e técnicos.

Estando as citações no SCI indexadas ao primeiro autor do trabalho, os artigos passíveis de serem citados serão todos os anteriormente seleccionados cujo primeiro autor pertença ao CFN e que estejam dentro de uma janela de citação de dois anos, compatível com o cálculo do FI de Garfield. Deste modo, no ano j recolher-se-ão as citações dos artigos dos anos $j-1$ e $j-2$.

3.12 - Indicadores bibliométricos propostos

De acordo com as observações, efectuadas nos parágrafos anteriores e baseado num trabalho elaborado por [Schubert-88], propomos construir indicadores bibliométricos apresentados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Indicadores bibliométricos

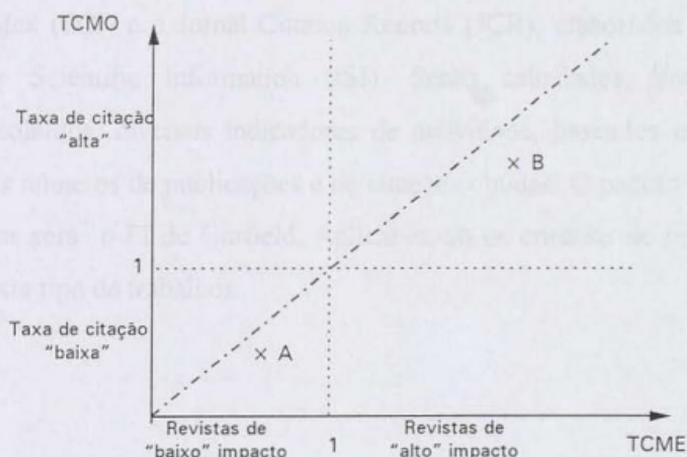
Abreviatura/Fórmula	Designação	Descrição
PV_j $90 \leq j \leq 94$	Número de publicações válidas	Número total de publicações em cada um dos anos j em análise, obedecendo aos critérios do ponto 3.11
PR_j $90 \leq j \leq 94$	Número de publicações relevantes	Número de publicações válidas com primeiro autor do CFN, no ano j
PC_j $PC_j = PR_{j-2} + PR_{j-1}$ $92 \leq j \leq 95$	Número de publicações citáveis	Número de publicações relevantes publicadas no período de dois anos que antecede o ano considerado.
NPC_j $92 \leq j \leq 95$	Número de publicações citadas	Número de publicações citáveis (PC_j) que foram efectivamente citadas em j
NCO_j $92 \leq j \leq 95$	Número de citações observado	Número de citações de artigos citáveis (PC_j) ocorridas no ano j
PPC_j $PPC_j = NPC_j / PC_j \times 100$ $92 \leq j \leq 95$	Percentagem de publicações citadas	Razão entre o número de publicações citadas e o número de publicações citáveis expresso em percentagem
$TCMO_j$ $TCMO_j = NCO_j / PC_j$ $92 \leq j \leq 95$	Taxa de citação média observada	Razão entre o número de citações observado e o número de artigos citáveis num ano j
NCE_j $NCE_j = \sum_i (n_{i,j-2} + n_{i,j-1}) F_{ij}$ $92 \leq j \leq 95$	Número de citações esperado	Número de citações esperado para um conjunto de artigos típicos das revistas consideradas, sendo n_{ij} o número de trabalhos publicados na revista i no ano j e F_{ij} o FI de Garfield da revista i no ano j
$TCME_j$ $TCME_j = NCE_j / PC_j$ $92 \leq j \leq 95$	Taxa de citação média esperada	Razão entre o número de citações esperado e o número de artigos citáveis num ano j
TCR_j $TCR_j = TCMO_j / TCME_j$ $92 \leq j \leq 95$	Taxa de citação relativa	Razão entre a taxa de citação média observada e taxa de citação média esperada

Uma $TCR=1$ significará que o conjunto de artigos em consideração corresponde aos artigos padrão das revistas consideradas. Um valor superior à unidade indicará uma taxa de citação maior que o padrão médio considerado, sendo um valor menor que a unidade o oposto. Sob condições idênticas, a TCR permite comparar e posicionar directamente diversos campos de actividade. No entanto se os canais de publicação

diferirem acentuadamente ou forem de qualidade diversa, o uso exclusivo dos valores da TCR pode ser enganador. Um gráfico bidimensional mostrando tanto a taxa de citação média observada como a taxa de citação média esperada é usualmente mais informativo.

Um gráfico relacional é um diagrama ortogonal bidimensional com eixos de escala idêntica. A diagonal principal (recta $y=x$) representa uma situação de equilíbrio. Para a apresentação das taxas de citação média esperada e observada ter-se-á um gráfico da seguinte forma:

Gráfico 3.1 - Gráfico relacional genérico TCMO vs. TCME



Fonte: [Schubert-88]

No gráfico anterior, os pontos A e B apresentam TCR de valores comparáveis. Cada um dos conjuntos de artigos apresenta valores de citação próximo do padrão médio das revistas onde foram publicados. No entanto, os dois conjuntos não podem ser directamente comparados, já

que os artigos-A usam canais de publicação de “baixo” impacto, ao passo que os artigos-B aparecem em revistas de factor de impacto “elevado”.

3.13 - Conclusão

O trabalho terá início com o levantamento dos hábitos de publicação do CFN, entre 1990 e 1995, recorrendo aos relatórios de actividade interna. O estudo prosseguirá com uma análise mais profunda, a incidir sobre a publicação de artigos. As fontes a usar serão o Science Citation Index (SCI) e o Journal Citation Reports (JCR), elaborados pelo Institute for Scientific Information (ISI). Serão calculados, com os dados recolhidos, diversos indicadores de actividade, baseados essencialmente nos números de publicações e de citações obtidas. O padrão de aferição a usar será o FI de Garfield. Aplicar-se-ão os critérios de selecção usuais neste tipo de trabalhos.

Capítulo 4

Análise bibliométrica do CFN - Resultados obtidos

4.1 - Introdução

Neste capítulo apresentar-se-ão os resultados que se obtiveram seguindo o método de trabalho proposta ao longo do capítulo anterior.

Começar-se-á com um levantamento das publicações do CFN, procurando-se em particular as referentes à comunicação de trabalhos científicos ou tecnológicos. A parte principal do trabalho, tal como definido no capítulo anterior, incidirá sobre os trabalhos publicados em revistas constantes no Science Citation Index (SCI). A partir dos resultados encontrados calcular-se-ão os diversos índices mencionados no capítulo anterior.

4.2 - Publicações do CFN

A produção escrita do CFN, obtida através da análise dos seus relatórios anuais, é variada, repartindo-se por:

- Teses de mestrado.
- Livros
- Publicações em revistas de divulgação
- Publicação interna de artigos, notas técnicas e resultados.
- Relatórios de actividade.
- Publicação de artigos em conferências nacionais.
- Publicação de artigos em conferências internacionais.
- Publicação de artigos em revistas científicas nacionais.
- Publicação de artigos em revistas científicas internacionais.

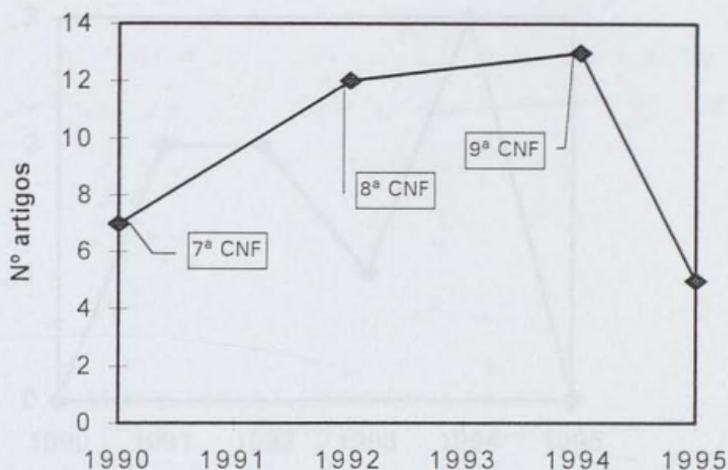
Note-se que estas publicações abarcam várias das dimensões de interacção possíveis, mencionadas em 3.1, para a actividade de produção científica. Assim a escrita de teses inclui-se nas actividades de formação, as publicações em revistas de divulgação visam a vulgarização e difusão da actividade científica desenvolvida, os relatórios de actividade englobam-se na interacção com os poderes públicos e de administração da actividade científica. A produção de conhecimentos científicos reflecte-se na escrita e publicação de artigos em conferências e em revistas científicas. É esta a parcela da produção escrita visada por este trabalho e que consequentemente será analisada em pormenor.

4.3 - Publicações em conferências nacionais

Os resultados obtidos para as publicações em conferências nacionais estão apresentados no Gráfico 4.1. Para a sua correcta análise são necessários alguns esclarecimentos. Os números apresentados, de 1990 até 1994, resultam exclusivamente de participações nas Conferências Nacionais de Física (CNF), organizadas, com um carácter bianual, pela Sociedade Portuguesa de Física. Deste modo, o próximo ponto marcado pela participação numa CNF ocorrerá em 1996. A contagem de 1995 reflecte a participação no 1º Encontro sobre Laser e no 2º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Electrotécnica da Ordem dos Engenheiros. Assim, o que à primeira vista poderia parecer uma diminuição do número de artigos é apenas a manifestação da bianualidade da CNF, cujo peso total é significativo. Em 1996, foi submetido à comissão organizadora da 10ª CNF, o maior número de artigos de sempre pelo que se prevê que o aumento bianual do número de artigos se mantenha.

As participações nas CNF tem como principal objectivo a divulgação a um público nacional alargado, ainda que especializado, e a vulgarização no seio dos professores de física do ensino secundário do trabalho realizado na área da fusão por equipas portuguesas em Portugal e no estrangeiro.

Gráfico 4.1 - Artigos em conferências nacionais

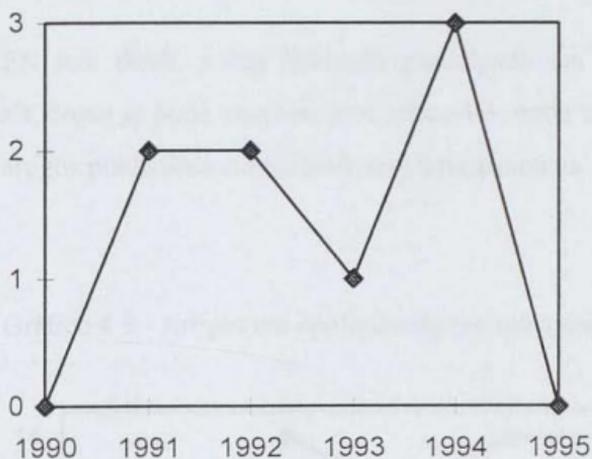


Os dois encontros realizados em 1995 têm um carácter muito mais restrito sendo destinados a um público de especialistas, visando a discussão de resultados e o debate de ideias nas respectivas áreas.

4.4 - Publicações em revistas científicas nacionais

O número de publicações em revistas científicas portuguesas é mostrado no Gráfico 4.2.

Gráfico 4.2 - Artigos em revistas científicas nacionais



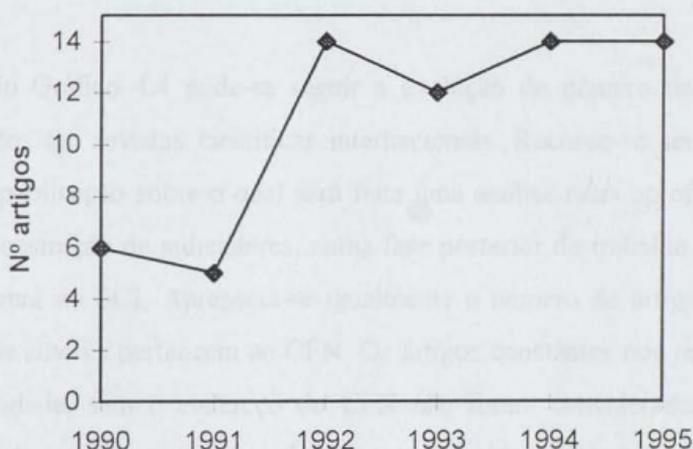
Em 1991 publicou-se na Gazeta da Física. As publicações subsequentes apareceram na Técnica, a revista de engenharia do IST. No ano de 1995 não houve artigos publicados. Sendo o público alcançado por estas publicações limitado em número, estes resultados deixam antever um papel e um peso reduzido das publicações em língua portuguesa no processo de comunicação dos resultados científicos obtidos no CFN.

4.5 - Publicações em conferências internacionais



O CFN tem desde a sua fundação participado em conferências internacionais, como se pode observar no Gráfico 4.3, onde se apresenta o número de artigos publicados em conferências internacionais.

Gráfico 4.3 - Artigos em conferências internacionais



No que respeita a este tipo de publicação, parece ter sido alcançada uma situação de estabilidade em torno dos 12-14 artigos/ano.

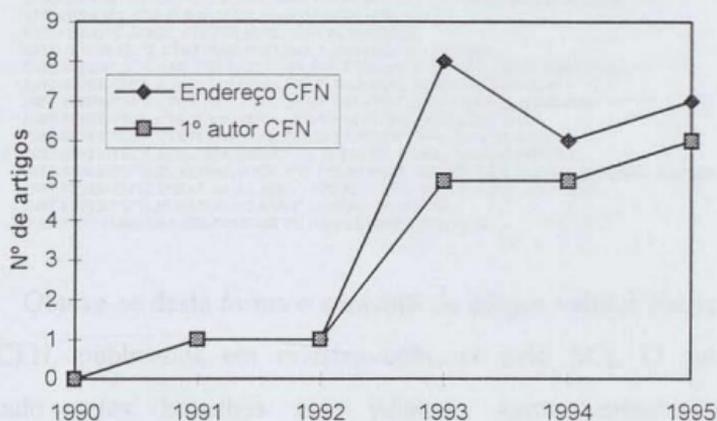
Este tipo de artigos são publicados nas actas (“*proceedings*”) das referidas conferências, não estando assim directamente cobertas pela base de dados SCI. No entanto, as principais revistas publicam, por vezes em edição especial, os sumários, relatórios, prefácios e mesmo os artigos convidados, das conferências mais importantes das suas respectivas áreas.

Esta prática constitui uma forma indirecta de entrada no SCI, a qual permite avaliar, ainda que de forma bastante indirecta, a importância dessas conferências. Repare-se igualmente que um artigo publicado nas actas de uma conferência pode aparecer sobre a forma de citação, já que estas não necessitam pertencer a uma revista coberta pelo SCI.

4.6 - Publicações em revistas científicas internacionais

No Gráfico 4.4 pode-se seguir a evolução do número de artigos publicados em revistas científicas internacionais. Recorde-se ser este o tipo de publicação sobre o qual será feita uma análise mais aprofundada, com a construção de indicadores, numa fase posterior do trabalho na qual se recorrerá ao SCI. Apresenta-se igualmente o número de artigos cujos primeiros autores pertencem ao CFN. Os artigos constantes nos relatórios de actividade, sem o endereço do CFN não foram considerados como válidos, de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 3. Esses artigos são de membros do CFN a trabalharem de forma mais ou menos permanente em laboratórios estrangeiros.

Gráfico 4.4 - Artigos em revistas científicas internacionais



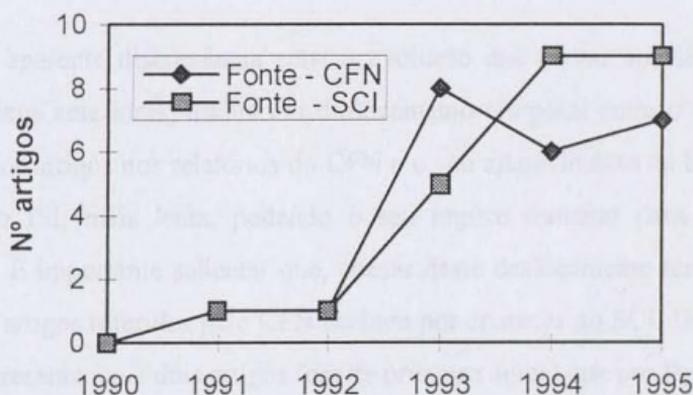
4.7 - Pesquisa bibliométrica no Science Citation Index

Neste ponto do trabalho recolheram-se, usando como fonte de informação a base de dados do SCI. Usaram-se as edições em CD-ROM de 1990 a 1995. A pesquisa pode ser feita segundo vários campos: nome da revista, título do artigo, autor, endereço. Como forma de procura elaborou-se uma lista com os nomes dos autores do CFN, submetendo-a ao programa gestor da base de dados. Obteve-se uma lista que incluía para além dos artigos de autores do CFN aqueles feitos por autores homógrafos. Um tratamento posterior eliminou essas entradas espúrias. O passo seguinte constituiu na eliminação dos artigos sem endereço do CFN. Constatou-se que o endereço do CFN não aparece normalizado, aparecendo os seguintes registos:

ASSOC-IST-EURATOM, CTR FUSAO NUCL, INST SUPER TECH, LISBON, PORTUGAL
 CTR-FUSAO-NUCL, LISBON, PORTUGAL
 EURATOM, CTR FUSAO NUCL, INST SUPER TECH, LISBON, PORTUGAL
 EURATOM, IST ASSOC, INST SUPER TECN, CTR FUSAO NUCL, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 EURATOM, IST, CTR FUSAO NUCL, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 EURATOM-IST-ASSOC, CTR FUS NUCL, LISBON, PORTUGAL
 INST- SUPER-TECN, CTR FUSAO NUCLEAR, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, ASSOC EURATOM IST, CTR FUSAO NUCL, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, ASSOC EURATOM, CTR FUSAO NUCL, LISBON 1, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, CTR FUSAO NUCL, EURATOM ASSOC, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, CTR FUSAO NUCL, EURATOM, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, CTR FUSAO NUCL, IST, EURATOM, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, EURATOM ASSOC, CTR FUS NUCL, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, EURATOM ASSOC, CTR FUSAO NUCL, AVE ROVISCO PAIS, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, EURATOM IST ASSOC, CTR FUS NUCL, P-1096 LISBON, PORTUGAL
 INST-SUPER-TECN, EURATOM IST ASSOC, LISBON 1, PORTUGAL
 IST-ASSOC-EURATOM, CTR FUSAO NUCL, P-1096, LISBON, PORTUGAL

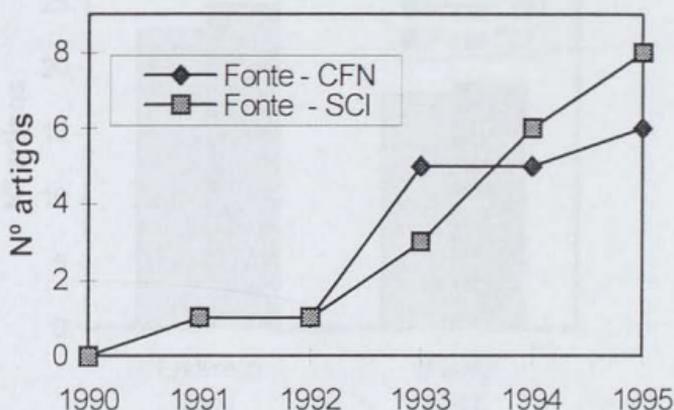
Obeve-se desta forma o conjunto de artigos válidos (indicador PV) do CFN, publicados em revistas cobertas pelo SCI. O subconjunto formado pelos trabalhos cujo primeiro autor pertence ao CFN (indicador PR) virá a ser usado no estudo de citações.

Gráfico 4.5 - Artigos com endereço do CFN



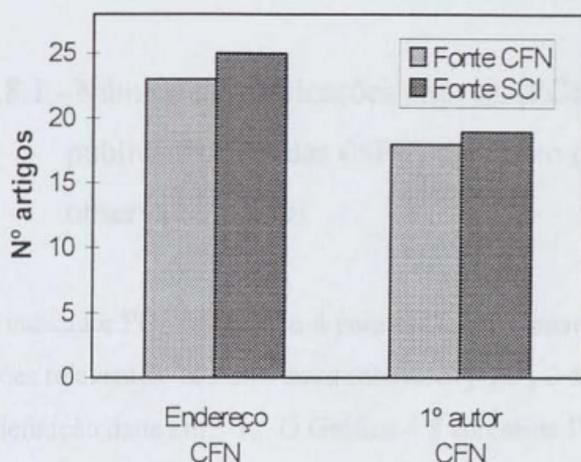
Mostram-se nos Gráficos 4.5 e 4.6 os indicadores PV e PR juntamente com os resultados obtidos seguindo os mesmos critérios de selecção e recorrendo aos relatório do CFN.

Gráfico 4.6 - Artigos com primeiro autor do CFN



A aparente discrepância entre a evolução das curvas apresentadas nos gráficos anteriores, traduz um deslocamento temporal entre o ano de registo dos artigos nos relatórios do CFN e o seu aparecimento na base de dados do ISI, mais lenta, podendo o seu registo transitar para o ano seguinte. É importante salientar que, apesar deste deslocamento temporal, todos os artigos referidos pelo CFN acabam por aparecer no SCI. De facto o SCI apresenta mais dois artigos (um de primeiro autor) que por lapso são omitidos pela contagem do CFN, como se pode observar no Gráfico 4.7. onde consta o número total de artigos entre 1990 e 1995.

Gráfico 4.7 -Artigos do CFN de 1990 a 1995



A cobertura assegurada pelo SCI às publicações do CFN, torna esta base de dados adequada à análise bibliométrica a efectuar. Por outro lado, verifica-se que os canais de publicação escolhidos são de qualidade, já que todos eles se incluem no grupo coberto pelo ISI.

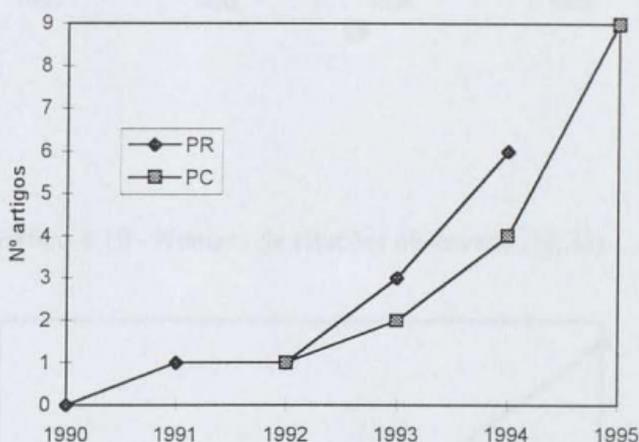
4.8 - Apresentação dos indicadores bibliométricos obtidos

Com os dados recolhidos, passou-se a elaboração dos diversos indicadores bibliométricos de actividade propostos em 3.12. Os indicadores PV (publicações válidas) e PR (publicações relevantes) foram já apresentados no ponto 4.6.

4.8.1 - Número de publicações citáveis (PC), número de publicações citadas (NPC) e número de citações observado (NCO)

O indicador PC_j , calcular-se-á para um ano j , somando o número de publicações relevantes dos dois anos anteriores $j-1$ e $j-2$ com $91 < j < 96$, tal como a definição dada em 3.12. O Gráfico 4.8 apresenta PC.

Gráfico 4.8 - Publicações relevantes (PR) e citáveis (PC)



Destas, apenas algumas serão citadas, constituindo o indicador número de publicações citadas, NPC. O número total de citações recebidas

é contabilizado pelo indicador número de citações observado NCO. Estes são mostrados nos Gráficos 4.9 e 4.10 respectivamente.

Gráfico 4.9 - publicações citáveis (PC) e citadas (NPC)

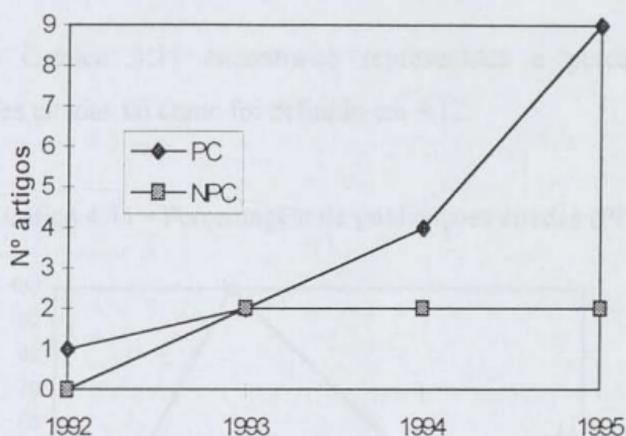
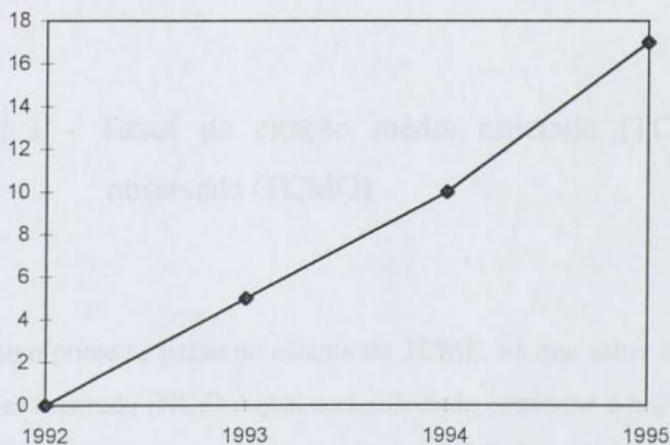


Gráfico 4.10 - Número de citações observado (NCO)



4.8.2 - Percentagem de publicações citadas

No Gráfico 4.11 encontra-se representada a percentagem de publicações citadas tal como foi definido em 3.12.

Gráfico 4.11 - Percentagem de publicações citadas (PPC)



4.8.3 - Taxas de citação média esperada (TCME) e observada (TCMO)

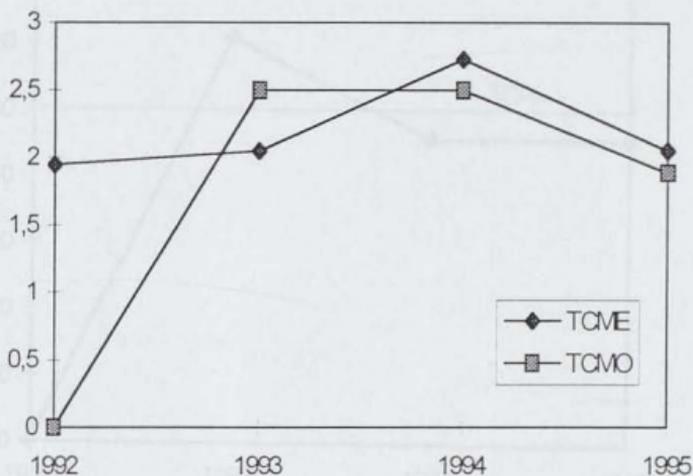
Como primeiro passo no cálculo da TCME, há que saber o número de citações esperado (NCE) o qual será calculado conforme o indicado em 3.12. Os FI considerados aparecem no Quadro 4.1. Os valores para os FI

de 92 a 94 foram obtidos a partir das respectivas edições do JCR. Os valores para 95 tiveram que ser estimados a partir dos anos anteriores já que a edição de 95 do JCR ainda não se encontrava disponível. São apresentados no Gráfico 4.12 os valores das taxas de citação média.

Quadro 4.1 - Factores de impacto das revistas internacionais onde foram publicados artigos do CFN

Revistas	1992		1993		1994		1995	
	FI ₉₂	n ₉₂	FI ₉₃	n ₉₃	FI ₉₄	n ₉₄	FI ₉₅	n ₉₅
IEEE Transactions on Nuclear Science							0,842	1
Nuclear Fusion			2,301	1	2,475	1		
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A							1,039	2
Physics of Fluids B	1,94	1	1,799	1	1,897	3	1,88	3
Physics Review Letters A							7,037	1
Plasma Physics and Controlled Fusion							2,305	1
Vacuum							0,599	1
NCE	1,94		4,1		8,166		18,501	
TCME	1,94		2,05		2,722		2,056	

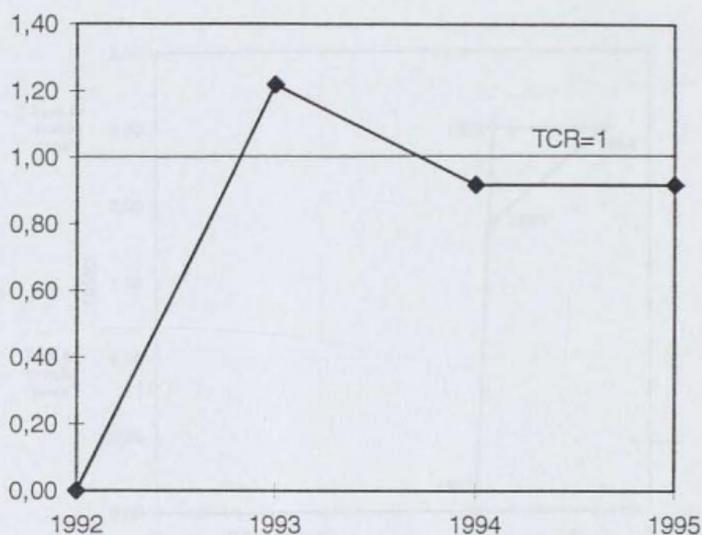
Gráfico 4.12 - Taxas de citação médias esperada (TCME) e observada (TCMO)



4.8.4 - Taxa de citação relativa (TCR) e gráfico relacional da TCMO vs. TCME

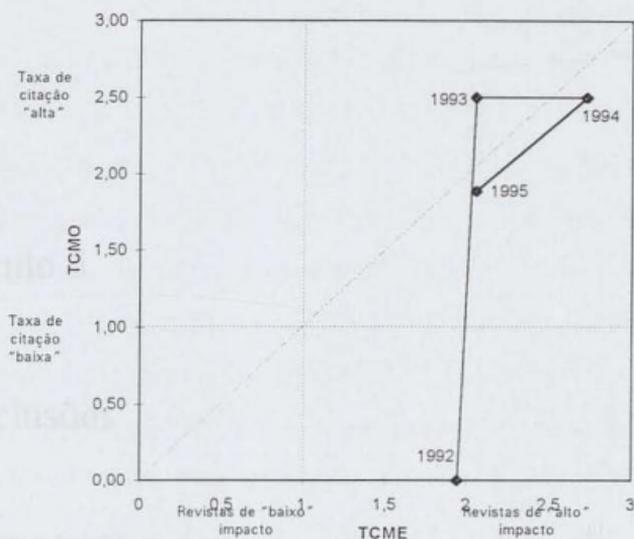
A relação entre a TCMO e TCME, traduzida pelo indicador TCR, encontra-se ilustrada no Gráfico 4.13. Os valores para 1994 e 1995 encontram-se situados perto da recta definida por $TCR=1$, o que indica que o conjunto de artigos considerado se encontra perto do padrão para as revistas consideradas. Uma visão adicional é dada pelo Gráfico relacional 4.14 (ver 3.12) onde se encontram representados os valores da TCMO em função da TCME.

Gráfico 4.13 - Taxa de citação relativa (TCR)



Vê-se em 4.14 que os valores da TCR são obtidos usando como canais de publicação revistas com factor de impacto “elevado” (ver ponto B no Gráfico 3.1). O comportamento do CFN, conseqüentemente, afigura-se bom em termos das publicações ocorridas. Os resultados obtidos de 93 a 95 aparecem num “agregado” no quadrante (revistas de “alto” impacto, taxa de citação “alta”) indiciando uma possível estabilização nessa zona.

Gráfico 4.14 - Gráfico relacional TCMO vs. TCME



4.9 - Conclusão

As publicações do CFN, referentes à actividade científica desenvolvidas efectuam-se primordialmente em língua inglesa, sendo marginal a escrita em português. As publicações em revistas internacionais usam canais abrangidos pela base de dados SCI do ISI, o que traduz a qualidade do trabalho realizado. As revistas utilizadas apresentam factores de impacto médios elevados. A nível de citações obtidas, os artigos do CFN situam-se consistentemente perto do padrão médio das revistas usadas.

Capítulo 5

Conclusões

5.1 - Introdução

Neste capítulo finalizar-se-á o trabalho com a apresentação de algumas conclusões. Começar-se-á por examinar o método usado no trabalho, verificando a adequação do mesmo e referindo as dificuldades encontradas. Seguidamente comentar-se-ão os resultados qualitativos inferidos da observação dos dados recolhidos. Comentar-se-ão então as observações quantitativas fornecidas pelos indicadores calculados. Concluir-se-á com algumas sugestões para trabalho futuro.

5.2 - Conclusões sobre o método usado

Foi intenção deste trabalho a avaliação bibliométrica do CFN e a determinação da aplicabilidade do método usado. Pretendeu-se determinar

se os indicadores recolhidos poderão constituir uma ferramenta auxiliar na avaliação deste centro de investigação. Sendo uma monitorização efectuada a uma micro-escala e abrangendo um período de tempo curto anteviam-se certas dificuldades. O período temporal além de curto inclui o momento inicial, isto é, a formação do CFN e os primeiros anos de actividade, pelo que os resultados encontram-se ainda sob a influencia de um regime transitório. Os resultados obtidos para os últimos anos levam a supor que se esteja a aproximar de uma solução tendencialmente estacionária. Deste modo, a evolução notada nos indicadores aparenta ser consistente. Uma consequência da escala a que se fez o estudo foi ter-se uma população reduzida e, conseqüentemente, um número de trabalhos publicados ainda insuficiente para que os indicadores possam ter associados um cálculo do seu grau de fiabilidade com significado estatístico. Os dados obtidos devem ser utilizados, pois, como uma ferramenta complementar de avaliação, por alguém com um conhecimento aprofundado da instituição que permita suprir a falta de informação ao nível da fiabilidade. Os resultados afiguram-se, deste modo, apropriados ao nível da avaliação e planeamento internos.

Uma das questões a que importava responder é a respeitante à adequação do Science Citation Index (SCI) ao estudo da publicação de artigos, por parte do CFN. O seu uso só fará sentido se o trabalho efectuado pelo centro português for maioritariamente coberto por esta base de dados. Verificou-se (ver Gráficos 4.5, 4.6 e 4.7) que a esmagadora maioria dos artigos publicados pelo CFN foi feita em língua inglesa, em revistas científicas internacionais constantes no núcleo abrangido por esta base de dados. Todos os trabalhos publicados em revistas internacionais aparecem referenciados no SCI. Dado que estas revistas são responsáveis pela maioria das citações de artigos científicos, o recurso à base de dados

do Institute for Scientific Information (ISI) afigura-se adequado ao estudo presente e a outros que eventualmente se venham a realizar.

5.3 - Resultados qualitativos obtidos

Constatou-se ao longo deste estudo que a publicação de artigos efectuada pelo CFN é esmagadoramente feita em revistas internacionais de língua inglesa. Este facto indica que o trabalho e a troca de conhecimentos se efectua primordialmente entre o CFN e instituições estrangeiras congéneres. Recorde-se que o CFN é a única unidade de investigação que faz trabalho específico na área de fusão nuclear em Portugal. As revistas usadas são geralmente específicas às áreas da fusão nuclear e física de plasmas, quer a nível teórico ou experimental, já que o CFN desenvolve trabalho abarcando os dois campos de actuação.

Uma apreciação qualitativa do tipo de revistas onde aparecem os trabalhos aponta para uma elevada qualidade dos mesmos já que aparecem em revistas altamente cotadas, que impõem um padrão elevado ao material que publicam. Um artigo, antes de ser aceite é sujeito a um julgamento rigoroso por parte de avaliadores capacitados na área de conhecimento em questão.

5.4 - Resultados quantitativos

A análise dos resultados conseguidos mostram um incremento de actividade a partir de 1992, com um aumento do volume de produção. A

aparente falta de produtividade nos primeiros anos do CFN é justificável face ao esforço que então estava a ser feito na instalação de um TOKAMAK em Portugal, juntamente com toda a estrutura de suporte quer a nível científico e técnico, quer administrativo. Este aumento apresenta-se estável e parece consistente sendo particularmente evidente nos resultados obtidos para artigos com primeiro autor do CFN.

O número de publicações citáveis (PC), resultando de um processo cumulativo (soma), correspondente a uma filtragem passa-baixo (eliminação de oscilações estatísticas de alta-frequência) revela a tendência subjacente, a qual confirma claramente o aumento sustentado de produção no que respeita ao número de publicações.

Detenhamo-nos agora nos resultados respeitantes às citações. Verifica-se uma estabilidade no número de publicações citadas face a um aumento no número de publicações citáveis. Esta situação parece indicar um caminhar para uma situação estatística estável, conhecida por Lei de Lotka. Por outro lado o número de citações obtidas tem vindo a aumentar linearmente, ou seja, o mesmo número de artigos citados obtém um maior número de citações, traduzindo uma crescente visibilidade e impacto nos pares.

A análise dos resultados referentes à TCMO vs. TCME levam a concluir que quanto aos canais de publicação, o CFN usa revistas com uma taxa de citação alta (alto impacto). Os artigos publicados nestas revistas têm vindo a obter continuamente uma taxa de citação elevada, o que equivale a dizer que os trabalhos efectuados pelo CFN se situam numa zona de qualidade e impacto altos a nível internacional, como se comprova no Gráfico 4.14. Estes resultados, obtidos nos últimos anos de forma estável, confirmam o elevado nível do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido neste centro de investigação português.



5.5 - Trabalho futuro

Tendo-se determinado a adequação do uso da base de dados SCI ao estudo bibliométrico do CFN, poder-se-á continuar a monitorizar a produção científica deste centro de investigação usando o método proposto. Poder-se-ão obter, então, séries cronológicas longas às quais poderão ser aplicados métodos de análise cronológica. O número de artigos dos anos de 1995 e 1996 apontam para uma evolução no número de artigos publicados que permitirá, a partir de 1997, o cálculo de indicadores de fiabilidade que conferirão maior robustez aos indicadores bibliométricos. Finalmente, poder-se-á complementar os estudos de actividade (volume e impacto) com estudos virados para a análise relacional (ligações e interacções entre investigadores, instituições ou domínios científicos).

5.6 - Conclusão

Determinou-se a validade do recurso à base de dados do SCI para a examinação da actividade do CFN, no que se refere a publicações do âmbito técnico e científico. Observou-se que o CFN publicou, nos últimos anos, maioritariamente em língua inglesa, principalmente em revistas específicas às áreas de física de plasmas e fusão nuclear. Estas revistas são de qualidade reconhecida, apresentando factores de impacto elevados. O CFN tem vindo a apresentar de forma consistente, um volume crescente de

artigos publicados, mostrando assim ser um centro dinâmico e em crescimento. O número de citações obtidas tem aumentado, o que indica uma maior visibilidade e impacto do trabalho realizado no centro. Os resultados obtidos colocam este centro português numa faixa de qualidade e impacto elevados a nível internacional.

Bibliografia

Livros e manuscritos

SING, P. (1993). *Preliminary Investigation of the Performance of a Generalized Image Plane Reflectivity for JET*, relatório do Estado Realizado no IET.

Cellon, M., Grenier, J. et Prange H. (1995). *La Superconductivité*. Editions Universitaires de France.

West Energy Centre (WEC) (1993). *Energy for Tomorrow's World: the Realities, the Best Options and the Agenda for Achieving it*. M. Morgan's Press.

Caraga, J. (1993). *Um Futuro sem Fronteiras*. Portugal, Organizações e C. Lda, Lisboa, Gráfica.

OECD (1993). *The Best of Europe 1993 - Progress Summary Practice for Strategy of Research and Development*. OECD Publications.

Expo, Consortium Europe (1993). *Expo 93 - Descripcão e Itinário das Atividades*, Livro Expo Brochure 93 - P. 93-95.

Instituto Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (INICT) (1995). *Indicadores Bibliométricos de Produção Científica*, Série Bibliométrica - Número 1 - Publicações Científicas.

Bibliografia

Livros e monografias:

Silva, Filipe da (1992), *A Preliminary Investigation of the Performance of a Broad Band Swept Plasma Reflectometer for JET*, Relatório de Estágio Realizado no JET.

Callon, M., Courtial, J. et Penan, H, (1993), *La Scientométrie*, Presses Universitaires de France.

Word Energy Council (WEC) (1993), *Energy for Tomorrow's World - the Realities, the Real Options and the Agenda for Achievement*, St. Martin's Press.

Caraça, João (1993), *Do Saber ao Fazer: Porquê Organizar a Ciência*, Gradiva

OECD (1993), *Frascati Manual 1993 - Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Development*, OECD Publications.

Expo, Consortium Fusion (1995), *Expo Fusão - Dominar a Energia das Estrelas*, Fusion Expo Brochure 003-P (03-95).

Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) (1996), *Indicadores Bibliométricos de produção Científica*, Série Bibliometria - -Número 1- Publicações Científicas.

Contribuições para trabalhos colectivos:

Schubert, A., Glaenzel, W. and Braun, T. (1988), Against Absolute Methods: Relative Scientometric Indicators and Relational Charts as Evaluative Tools, in : A. F. J. van Raan (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: North-Holland.

Moed, H. F., van Raan, A. F. J. (1988), Indicators of reaserch Performance: Applications in University Reaserch Policy, in : A. F. J. van Raan (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: North-Holland.

Oberski, J. E. J., (1988), Some Statistical Apects of Co-citacion cluster Analysis and Judjement by Physicists, in : A. F. J. van Raan (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: North-Holland.

Person, O., (1988), Measuring Scientific Output by Online Techniques, in : A. F. J. van Raan (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: North-Holland.

Weingart, P, Sehringer, R., Winterhager, M., (1988), Bibliometric Indicators for Assessing Strengths and Weaknesse of West German Science, in : A. F. J. van Raan (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: North-Holland.

Periódicos:

Martin, Ben R., (1987), The continuing decline of British science, *Nature*, 18 Nov., London.

Irving, John, (1987), Assessing basic research: reappraisal and update of an evaluation of four radio astronomy observatories, *Research Policy*, Aug. 1987, Amsterdam.

Kahn, Axel, (1990), Publier à Tout Prix, *La Recherche*, 225 Octobre 1990, volume 21.



Callon, Michel, (1990), Les Grands Médias Entrent dans la Course, *La Recherche*, 225 Octobre 1990, volume 21.

Barata, José M. Monteiro, (1992), Inovação e Desenvolvimento Tecnológico: Conceitos, Modelos e Medidas - Pistas para a Investigação Aplicada, *Estudos de Economia*, vol XII, nº 2, Jan-Mar., 1992.

Van Raan, Anthony F. J., (1995), Advanced methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications, *Research Evaluation*, Dec.1993.

Martin, Ben R., (1994), British science in the 1980s: has the relative decline continued?, *Scientometrics*, Jan. 1994, Amsterdam.

Cabral, J. A. C., Manso, M. E. e Varandas, C. A. F., (1994), A Fusão Nuclear Controlada, o Programa Comunitário de Fusão e a Participação Portuguesa, *Técnica*, 3, Dez. 94, pp 5-14.

Wouters, P., Leydesdorff, L., (1994), Has Price's dream come true: is scientometrics a hard science?, *Scientometrics*, Oct. 1994, Amsterdam.

Furth, Harold P. (1995), Fusion, Energy Derived from Fused Nuclei May Become Widely Used by The Middle of the Next Century, *Scientific American*, September 1995 Volume 273, Number 3, pp. 140-142.

Varandas, C e Lopes, M. C. (1995), Fusão Termonuclear Controlada, Interação com a Indústria Europeia, *Competir- Informação para a Indústria*, Ano VI, Nº 2 1995, pp. 79-84.

ISI, (1992), *Journal Citation Reports*, Paper Edition.

ISI, (1993), *Journal Citation Reports*, Paper Edition.

ISI, (1994), *Journal Citation Reports*, Paper Edition.

Apresentações em seminários:

Serra, F. (1995), Introdução à Fusão Nuclear Controlada, *As tecnologias e a participação da indústria no programa comunitário de fusão*, Centro de Congressos do IST, 5 de Julho de 1995.



Varandas, C (1995), Intervenção do Presidente do Centro de Fusão Nuclear, *As tecnologias e a participação da indústria no programa comunitário de fusão*, Centro de Congressos do IST, 5 de Julho de 1995.

Relatórios internos:

Associação Euratom-IST (1990), *Annual Report 1990*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.

Associação Euratom-IST (1991), *Annual Report 1991*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.

Associação Euratom-IST (1992), *Annual Report 1992*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.

Associação Euratom-IST (1993), *Annual Report 1993*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.

Associação Euratom-IST (1994), *Annual Report 1994*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.

Associação Euratom-IST (1995), *Annual Report 1995*, Centro de Fusão Nuclear - Instituto Superior Técnico.