



Universidade de Aveiro Departamento de Línguas e Culturas  
Ano 2015

**Maria Helena Gomes  
de Almeida  
Gonçalves Nadais**

**TRADUÇÃO E DISCUSSÃO TERMINOLÓGICA  
DE TEXTOS DA MONITORIZAÇÃO MICROBIANA  
EM ETAR-FISH HANDBOOK FOR BIOLOGICAL  
WASTEWATER TREATMENT**





**Universidade de Aveiro**  
Ano 2015

Departamento de Línguas e Culturas

**Maria Helena Gomes  
de Almeida  
Gonçalves Nadais**

**TRADUÇÃO E DISCUSSÃO TERMINOLÓGICA  
DE TEXTOS DA MONITORIZAÇÃO  
MICROBIANA EM ETAR-FISH HANDBOOK  
FOR BIOLOGICAL WASTEWATER  
TREATMENT**

projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Tradução Especializada, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Teresa Costa Gomes Roberto Cruz, Professora Auxiliar do Departamento de Línguas e Culturas da Universidade de Aveiro



À memória do meu Pai, com muita saudade e muita gratidão pelos valores que me transmitiu.

“Tudo o que fomos um para o outro, ainda o somos”  
Santo Agostinho

À minha Mãe  
Aos meus irmãos



**o júri**

presidente

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Maria Teresa Murcho Alegre  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Jorge Humberto Gomes Leitão  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Lisboa  
(arguente)

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Maria Teresa Costa Gomes Roberto Cruz  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientadora)





## **Agradecimentos**

Agradeço, em primeiro lugar, à Professora Doutora Maria Teresa Roberto, pela sua orientação, pela disponibilidade e dedicação constantes, pelas palavras de incentivo e pelo exemplo do que é ser um bom professor.

Agradeço também a todos os meus professores do Mestrado em Tradução Especializada, pelos ensinamentos e acompanhamento ao longo do curso e pelo empenho em ensinar tradução a uma engenheira.

Agradeço à Doutora Sílvia A. Sousa, do iBB - Institute for Bioengineering and Biosciences, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, pela ajuda na discussão terminológica e na revisão técnica dos textos de chegada.

Ao Martin Brückmann da Lexikon, agradeço a disponibilidade e ajuda preciosa na instalação e utilização do *software* memoQ.

À Cátia Couras agradeço a disponibilidade constante, as sugestões para a formatação do relatório e da bibliografia e a perspetiva do utilizador na revisão dos textos traduzidos.

Aos meus amigos, que compreenderam esta minha “excentricidade”, agradeço os momentos de boa disposição que me ajudaram a descontraír. Finalmente, agradeço à minha família por todo o apoio e “por estarem lá”; a sua contribuição, sendo a menos visível, foi, sem dúvida, a mais importante.



**Palavras-chave**

tradução, terminologia, Hibridização *in situ* de Fluorescência (FISH), monitorização microbiana, ETAR.

**Resumo**

Este trabalho teve como objetivo a tradução de inglês para português de dois capítulos de um manual técnico sobre monitorização de populações microbianas dos sistemas biológicos de tratamento de águas residuais com recurso à metodologia de Hibridização *in situ* de Fluorescência. O trabalho iniciou-se com a elaboração de Instruções de Tradução (*Translation Brief*), de acordo com a Teoria do *Skopos*; fez-se a análise dos textos de partida, tendo em conta os aspetos extratextuais e intratextuais, o que permitiu estabelecer os métodos e procedimentos de tradução. A tradução foi realizada com recurso a uma ferramenta de tradução (*memoQ*), seguindo-se a elaboração de um conjunto de fichas terminológicas nas duas línguas de trabalho. Os principais problemas de tradução encontrados e as soluções adotadas foram discutidos ao nível terminológico, estilístico e semântico. Com base nos princípios de criação terminológica foram discutidas as soluções propostas para termos sem tradução existente ou consolidada até à data. Este trabalho permitiu reforçar a utilidade prática dos princípios teóricos da Tradução e da Terminologia e da sistematização do processo tradutológico.



**Keywords**

translation, terminology, Fluorescence *in situ* Hybridization (FISH), microbial monitoring, WWTP.

**Abstract**

The objective of this work was the translation, from English into Portuguese, of two chapters from a technical handbook on the use of Fluorescence *in situ* Hybridization for the monitoring of microbial populations found in biological wastewater treatment systems. The source texts were analysed considering extratextual and intratextual aspects and according to Skopos Theory a Translation Brief was established which guided the choice of the translation methods and procedures. The translation was carried out with the translation tool *memoQ*. Terminological records were written in both working languages. Translation problems and the respective translation choices were discussed at the terminological, stylistic and semantic levels. The proposed solutions for non-existing terms in Portuguese were discussed based on the principles of terminology creation. This work revealed the practical utility of the theoretical principles of Translation and Terminology and of the systematization of the translation process.



## Índice

1	Apresentação do trabalho .....	3
1.1	Escolha do tema .....	3
1.2	Organização do relatório.....	7
2	Enquadramento científico da área temática.....	11
2.1	O tratamento biológico de efluentes .....	11
2.2	A bioquímica e a biologia molecular .....	13
2.3	Os ácidos nucleicos e a codificação genética .....	13
2.4	A metodologia FISH (Fluorescence <i>in situ</i> Hybridization) .....	18
3	A tradução científica e técnica .....	25
3.1	Textos científicos e textos técnicos .....	25
3.2	Teoria(s) da Tradução.....	31
3.3	Tradução científica e tradução técnica .....	37
3.4	Estratégias de tradução .....	40
3.5	As ferramentas de apoio à tradução científica e técnica .....	47
3.6	As competências do tradutor científico e técnico .....	50
4	A terminologia.....	56
4.1	Surgimento da Terminologia .....	57
4.2	Desenvolvimento da Terminologia.....	58
4.3	Escolas de Terminologia.....	60
4.4	Princípios da Terminologia (clássica) .....	61
4.5	Metodologias da Terminologia (clássica) .....	65
4.6	Os produtos terminológicos .....	70
4.7	Ferramentas tecnológicas aplicadas em terminologia.....	71
4.8	Normalização terminológica.....	73
5	Fase de pré-tradução .....	78
5.1	Introdução .....	79
5.2	Instruções de Tradução ( <i>Translation Brief</i> ) .....	80
5.3	Análise e caracterização dos textos de partida .....	82
5.3.1	Fatores extralinguísticos .....	83
5.3.2	Fatores interlinguísticos .....	85
5.3.2.1	Nível gráfico e estrutural .....	86
5.3.2.2	Nível sintático.....	90
5.3.2.3	Nível lexical.....	95
5.4	Textos de referência utilizados .....	97
6	Fase da tradução .....	100
6.1	Ferramentas de tradução.....	101
6.1.1	Dicionários .....	101
6.1.2	Glossários e bases de dados terminológicas .....	102

6.1.3 O <i>software</i> de tradução <i>memoQ</i> .....	102
6.2 Problemas de tradução.....	103
6.2.1 Nível terminológico.....	104
6.2.2 Nível estilístico.....	105
6.2.3 Nível semântico.....	108
6.3 Discussão terminológica.....	111
7 Fase da pós-tradução.....	126
7.1 Qualidade da tradução.....	127
7.1.1 Critérios de qualidade na tradução.....	127
7.1.2 Revisão e edição.....	128
7.2 Elaboração de fichas terminológicas.....	129
8 Reflexão crítica.....	132
Bibliografia.....	137
Apêndice 1.....	148
Apêndice 2.....	165
Anexo.....	185



## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Evolução do número de publicações e citações na área temática da metodologia FISH relacionada com águas residuais (pesquisa no sítio ISIKnowledge <sup>1</sup> : Fluorescence <i>in situ</i> Hybridization + Wastewater, realizada em Setembro de 2015).....	5
Figura 2.1 - Processo de lamas ativadas a) esquema b) tanque de arejamento (adaptado de Wikipedia).....	12
Figura 2.2- a) Estrutura de um nucleótido b) Formação da cadeia dupla de ADN (adaptado de Shmoop-nucleic acids <sup>3</sup> ).....	15
Figura 2.3 - Dupla hélice de ADN (adaptado de Scitable by Nature Education). ....	16
Figura 2.4 - Estruturas do ARN e do ADN (de Salud&JuanMAadrid).....	17
Figura 2.5 – Técnica de FISH, ver texto para explicação (adaptado de Scitable by Nature Education). ....	19
Figura 3.1 - Os intervenientes no processo de tradução (adaptado de Nord, 2005).....	36
Figura 3.2 - Combinação de várias abordagens de tradução (segundo Byrne, 2012). ....	37
Figura 3.3 - Estratégias globais de tradução (segundo Newmark, 1988).....	42
Figura 4.1 - Evolução do número de publicações na área da terminologia (dados da base bibliográfica Scopus <sup>11</sup> em dezembro de 2014). ....	59
Figura 4.2 - Mapa conceptual na área dos “processos biológicos em ETAR”.....	68
Figura 4.3 - Elementos de uma ficha terminológica.....	70
Figura 4.4 - Exemplo de uma ficha terminológica da base de dados TERMIUM Plus. ....	70
Figura 6.1 - Ocorrências de variações da tradução em português de <i>phosphate-buffered saline</i> , pesquisa realizada no Google em textos de Portugal em Setembro de 2015.....	109
Figura 6.2 - Ocorrências de variações da tradução em português de <i>fluorescence in situ hybridization</i> , pesquisa realizada no Google em textos de Portugal (12 de outubro de 2015). ....	112
Figura 6.3 - Reatores de arrastamento por ar ascendente a) configuração de cilindro dividido; b) configuração de cilindros concêntricos; c) configuração de circulação externa (adaptado de Cerri, (2009)). ....	115
Figura 6.4 - Correspondência entre sequências a) correspondência 100% b) falha de correspondência única c) falha de correspondência múltipla. ....	118
Figura 6.5 - Estrutura de ADN em gancho (adaptado de Stanford Education). ....	120
Figura 6.6 - Desnaturação e emparelhamento de cadeias de ADN (retirado do sítio eletrónico da Universidade do Michigan.).....	121
Figura 6.7 - Auto-emparelhamento intermolecular.....	121



## **Índice de Tabelas**

Tabela 3.1 - Taxonomia de estratégias de tradução segundo Baker (1992).....	43
Tabela 4.1 - Resumo dos princípios da terminologia clássica (Viena) e algumas observações decorrentes do estudo da terminologia da área das ciências da vida/bioquímica (Temmerman, 2000). .....	65
Tabela 4.2 - Organismos internacionais de normalização. ....	76



## Abreviaturas, siglas e acrónimos

**A** – Adenina

**ADN** – Ácido Desoxirribonucleico

**AOB** – *Ammonia Oxidizing Bacteria* (Bactérias Oxidadoras de Amónia)

**ARN** - Ácido Ribonucleico

**CAT** – *Computer Aided Translation* (Tradução Assistida por Computador)

**C** – Citosina

**DAO/UA** – Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

**DAPI** – 4',6'-diamidino-2-fenillindol

**EPBR** – *Enhanced Biological Phosphorus Removal* (Remoção Biológica de Fósforo)

**ETAR** – Estação de Tratamento de Águas Residuais

**FISH** – *Fluorescence in situ Hybridization* (Hibridização *in situ* de Fluorescência)

**G** – Guanina

**ICT** – *Information and Communications Technology* (Tecnologia de Informação e Comunicação)

**ISO** – *International Standard Organization* (Organização Internacional de Normalização)

**IWA** – *International Water Association* (Associação Internacional da Água)

**LA** – Lamas Ativadas

**nm** – nanómetro

**PACTE** – *Process of Acquisition of Translation Competence and Evaluation* (Processo de Aquisição de Competências de Tradução e Avaliação)

**PAO** – *Phosphate Accumulating Organisms* (Organismos Acumuladores de Fosfato)

**rARN** – Ácido Ribonucleico ribossómico

**T** - Timina

**TC** – Texto de chegada

**U** – Uracilo

**UA** – Universidade de Aveiro

**VFA** – *Volatile Fatty Acids* (Ácidos Gordos Voláteis)



# **Capítulo 1**

## **Apresentação do trabalho**





## **1 Apresentação do trabalho**

O presente documento consiste no relatório de projeto final do Mestrado em Tradução Especializada, do Departamento de Línguas e Culturas da Universidade de Aveiro. Este trabalho teve a orientação científica da Professora Doutora Maria Teresa Costa Gomes Roberto Cruz, ao longo do ano letivo 2014-2015. No início do ano letivo foram escolhidas a temática do projeto, as línguas de trabalho e os documentos a traduzir. A tradução, nas suas diversas fases, foi realizada entre fevereiro e junho e o presente relatório foi redigido até ao final de agosto de 2015.

### **1.1 Escolha do tema**

A bioquímica e a biologia molecular são atualmente das áreas do conhecimento científico com evolução mais rápida. O conhecimento produzido é transferido para a comunidade científica em publicações (livros, artigos, patentes e relatórios) escritas maioritariamente em língua inglesa. As comunicações elaboradas em outras línguas não têm, geralmente, relevância para a comunidade científica internacional.

Tal como sucede em qualquer outra área do saber, o desenvolvimento da terminologia nas áreas da bioquímica e da biologia molecular acompanha de perto o desenvolvimento científico e as necessidades de comunicação. Sucede, assim, que o desenvolvimento da terminologia sobre bioquímica em língua inglesa tem uma dinâmica e um grau atualidade que não se verificam na terminologia portuguesa sobre o mesmo tema. É comum a utilização de termos da língua inglesa em textos científicos sobre bioquímica e biologia molecular escritos em português (veja-se, como um exemplo entre muitos, o livro “Bioquímica – Organização Molecular da Vida” de Alexandre Quintas, Ana P. Freire e Manuel J. Halpern, Editora Lidel-Edições Técnicas, 2008.)

Para além desta utilização de termos técnicos da língua inglesa, também se detetam falhas na uniformidade das traduções de termos em textos de autores diferentes e obsolescência de alguns termos existentes em língua portuguesa.

De um ponto de vista pessoal e prático, o meu interesse pelo tema de trabalho proposto tem origem em algumas das minhas atividades profissionais, das quais destaco as seguintes:

- em primeiro lugar, a realização de investigação científica com recurso a técnicas de bioquímica laboratorial;
- em segundo lugar, o facto de, durante um largo período de tempo (superior a 10 anos), ter realizado numerosas traduções de patentes da área da biologia molecular e bioquímica farmacêutica.

Estas duas áreas de trabalho fizeram-me tomar consciência das falhas terminológicas acima descritas e da falta de ferramentas de apoio à tradução na área temática da bioquímica e biologia molecular.

Considero, assim, que a elaboração de fichas terminológicas de apoio à tradução sobre os temas da bioquímica e da biologia molecular é de grande relevância, não só para o meu trabalho, como também para o trabalho de outros professores, investigadores, e estudantes.

Uma área importante para o meu trabalho de investigação científica é a monitorização de populações microbianas em reatores biológicos utilizados para o tratamento de águas residuais. A metodologia mais utilizada nos trabalhos que tenho publicado sobre este tema é a Hibridização *in situ* de Fluorescência (Fluorescence *in situ* Hybridization-FISH) e no laboratório de águas do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro (DAO/UA) existe todo o equipamento necessário para utilização dessa metodologia. No entanto, considero que a implementação da técnica poderia ser melhorada com a existência de um protocolo já testado e validado.

A monitorização das populações microbianas tem vindo a ganhar destaque como forma de avaliar o desempenho de sistemas de tratamento biológico em ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais), principalmente no que respeita a grupos microbianos causadores de problemas de funcionamento dos sistemas, como, por exemplo, a sedimentação das lamas biológicas. No entanto, em Portugal, a monitorização aplicada nos órgãos biológicos em ETAR ainda é muito apoiada nos parâmetros físico-químicos clássicos, sem se focar nas populações

microbianas que são fundamentais para o funcionamento dos sistemas. Os órgãos biológicos são encarados como sistemas físico-químicos sem se ter em conta as populações microbianas que os fazem funcionar. Isto deve-se, em primeiro lugar ao facto de a monitorização microbiana ser ainda relativamente recente e haver poucos meios e conhecimentos sobre a implementação das metodologias associadas.

A Figura 1.1 ilustra a importância da metodologia FISH e da sua aplicação a ETAR e o desenvolvimento que esta temática tem tido nos últimos anos junto da comunidade científica internacional.

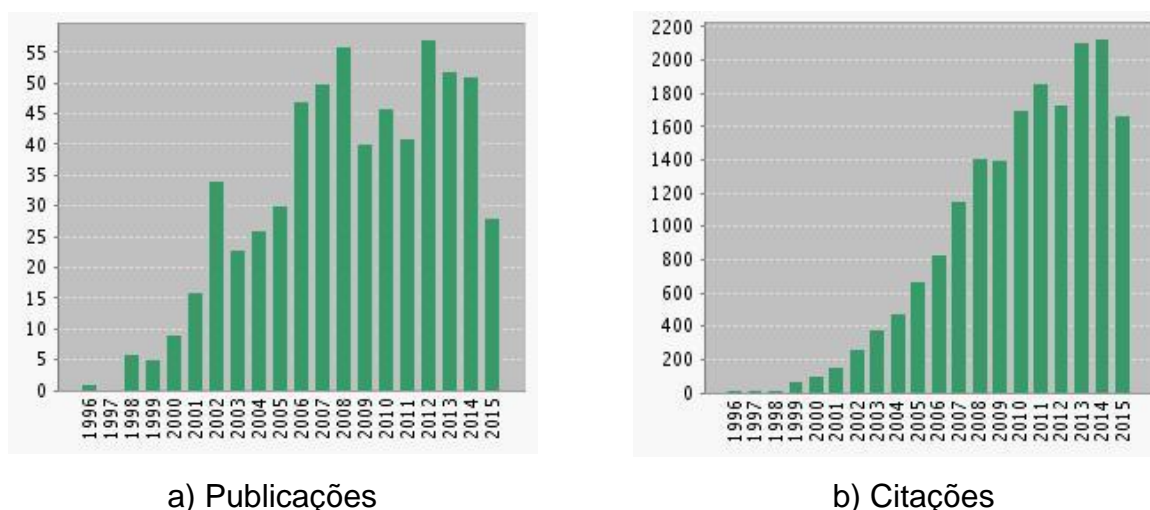


Figura 1.1 – Evolução do número de publicações e citações na área temática da metodologia FISH relacionada com águas residuais (pesquisa no sítio ISIKnowledge<sup>1</sup>: Fluorescence *in situ* Hybridization + Wastewater, realizada em setembro de 2015).

Neste enquadramento, escolhi como textos a traduzir dois capítulos do livro “FISH Handbook for Biological Wastewater Treatment” (Nielsen *et al.*, 2009), existente na biblioteca da Universidade de Aveiro (UA), o qual pretende divulgar a aplicação da metodologia FISH na monitorização de sistemas biológicos de ETAR.

Dada a extensão do livro e a impossibilidade de realizar uma tradução integral, elegi como textos a traduzir para este projeto, em primeiro lugar, o Capítulo 1 – “Introduction”, por ser um texto introdutório ao tema e que explica a importância

<sup>1</sup>[http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do?product=UA&search\\_mode=GeneralSearch&SID=T2h3C1WhPDH2MG8JQxA&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=T2h3C1WhPDH2MG8JQxA&preferencesSaved=)

da monitorização microbiana em ETAR, a sua evolução histórica e as suas implicações e possíveis aplicações. Em segundo lugar, escolhi o Capítulo 7 – “Protocol for fluorescence *in situ* hybridization (FISH) with rRNA-targeted oligonucleotides”, por ser aquele que mais utilidade me parece ter para os laboratórios de investigação e para a monitorização de ETAR, já que inclui os passos a seguir para realizar as análises e uma secção de eventuais problemas e sua resolução (*Troubleshooting*).

## 1.2 Objetivos deste trabalho

O objetivo geral deste trabalho é a tradução de um protocolo laboratorial referente à aplicação da técnica FISH para a monitorização de grupos microbianos resultando numa ferramenta de trabalho a ser usada em laboratórios de investigação sobre tratamento de efluentes líquidos e em laboratórios de monitorização de Estações de Tratamento de Águas Residuais.

Este objetivo geral é suportado num conjunto de objetivos específicos dos quais o primeiro foi a elaboração de um conjunto de fichas terminológicas que incluem traduções das definições nas duas línguas de trabalho. Tendo em vista a qualidade da tradução realizada, outro objetivo específico foi a problematização e discussão de questões relacionadas com a) neologismos com conceitos sem equivalente em português, b) abreviaturas, siglas e acrónimos, c) alterações conceptuais não acompanhadas na língua portuguesa.

Por fim, e do ponto de vista pedagógico, este trabalho teve também como objetivo aprofundar os conhecimentos já adquiridos em ambas as línguas de trabalho, bem como as competências de tradução, especialmente de textos técnicos e científicos, e ainda o desenvolvimento de competências de pesquisa terminológica e de utilização de um *software* comercial (*memoQ*) para a tradução propriamente dita e para a construção de uma base de dados terminológica.

## 1.2 Organização do relatório

O presente relatório de projeto está organizado em oito capítulos de acordo com a seguinte estrutura:

- Capítulo 1: Apresentação do trabalho, onde é feita uma introdução ao tema escolhido e sua justificção, bem como a descrição do objetivo geral e dos objetivos específicos a atingir.
- Capítulo 2: Enquadramento científico da área temática, em que se apresentam os conceitos básicos relacionados com o tema escolhido (FISH) e a sua relevância prática para a monitorização microbiana em ETAR.
- Capítulo 3: A tradução científica e técnica, onde se reflete sobre a metodologia da tradução de textos científicos, problemas comuns e estratégias de resolução.
- Capítulo 4: A terminologia, onde se dá uma breve panorâmica do que é a terminologia, da sua relevância e ligação com a ciência, e das metodologias e ferramentas de trabalho relacionadas.
- Capítulo 5: Fase da pré-tradução, onde se analisam os textos de partida segundo modelos de análise de texto específicos para o trabalho de tradução e se elaboram as Instruções de Tradução (*Translation Brief*). Neste capítulo são também apresentados alguns documentos de referência utilizados na pesquisa terminológica e na elaboração de definições de termos.
- Capítulo 6: Fase da tradução, onde se descreve a metodologia utilizada na tradução dos textos, bem como as ferramentas de trabalho utilizadas, especificamente o software de tradução *memoQ* e ferramentas *online*. São também apresentados e discutidos alguns problemas de tradução encontrados e as soluções adotadas. Este capítulo inclui também uma discussão terminológica de termos propostos para a área temática, decorrentes da tradução realizada.
- Capítulo 7: Fase da pós-tradução, onde se trata da revisão aos textos de chegada, edição e formatação, aspetos relacionados com a verificação da qualidade das traduções e com a elaboração das fichas terminológicas.

- Capítulo 8: Reflexão crítica, em que é feita uma síntese do trabalho, uma reflexão crítica sobre os resultados e sugestões de trabalhos futuros.

A bibliografia utilizada é apresentada no final do relatório, o qual compreende ainda os apêndices que contêm um conjunto de fichas terminológicas e os textos de chegada, e um anexo, constituído pelos textos de partida.

## **Capítulo 2**

# **Enquadramento científico da área tematica**





## **2 Enquadramento científico da área temática**

### **2.1 O tratamento biológico de efluentes**

Qualquer que seja a origem de uma água residual (urbana ou industrial), esta deve sempre ser tratada de forma a que possa ser descarregada no meio hídrico recetor causando o mínimo de poluição. Esse tratamento é levado a cabo nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Geralmente, o tratamento de águas residuais (efluentes líquidos) numa ETAR passa por três fases:

- tratamento primário, que envolve a remoção de sólidos flutuantes e suspensos, finos ou grosseiros, da água residual bruta por meio de processos físicos ou físico-químicos;
- tratamento secundário, que envolve processos biológicos para a remoção da maior parte da carga poluente da água residual e que resulta em efluentes decantados e lamas separadas contendo massa microbiana em conjunto com poluentes;
- tratamento terciário, que remove os poluentes que não são removidos adequadamente no tratamento secundário, em particular azoto e fósforo, de forma a levar ao cumprimento dos parâmetros estabelecidos para a descarga no meio hídrico.

O tratamento secundário é, assim, aquele em que se utilizam microrganismos para degradar os poluentes em compostos menos agressivos para o meio ambiente. Dos processos biológicos usados nas ETAR, o mais utilizado à escala mundial é o processo de Lamas Ativadas (LA), apresentado na Figura 2.1.

O processo de Lamas Ativadas, desenvolvido em 1914, baseia-se na oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos levada a cabo por uma população microbiana diversificada, complexa e em competição constante, mantida em suspensão num meio aeróbio sob a forma de flocos biológicos (agregados de microrganismos que constituem o que se chama também lamas biológicas ou biomassa). Este sistema de biomassa suspensa implica a necessidade de se ter um tanque (ou reator) com agitação para se manterem os flocos biológicos em suspensão. O efluente maioritariamente orgânico é introduzido neste reator biológico, onde se mantém a

cultura bacteriana em suspensão. O tanque é arejado para manter um ambiente aeróbio, o que é conseguido usando arejamento mecânico ou difusores, que servem também para manter o conteúdo do reator (água residual e microrganismos em suspensão) num regime de mistura completa.

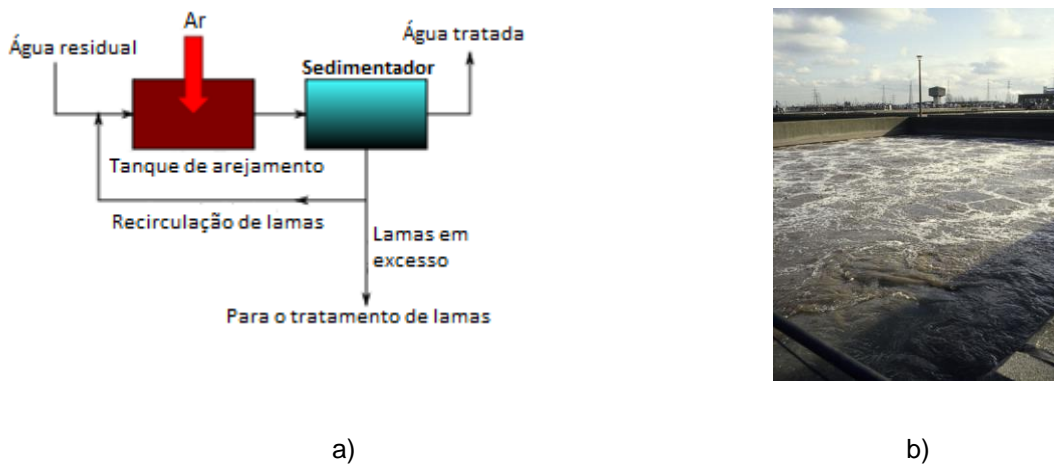


Figura 2.1 - Processo de lamas ativadas a) esquema b) tanque de arejamento (adaptado de Wikipedia<sup>2</sup>).

Depois de permanecer dentro do reator por um período de tempo determinado, a mistura de água residual e microrganismos (células) segue para o tanque de sedimentação onde os microrganismos são separados do efluente tratado. Parte das células sedimentadas é reciclada para manter a concentração desejada de organismos no reator, havendo uma outra parte (lamas biológicas em excesso) que é separada e descartada de diversas formas.

A composição da população microbiana existente no tanque de lamas ativadas é da maior importância para a eficiência do tratamento da água residual e para a diminuição de impactos sobre o meio ambiente. Por essa razão, nos últimos anos, têm sido desenvolvidas diversas metodologias para o estudo e o controle dessas populações.

---

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Activated\\_sludge](https://en.wikipedia.org/wiki/Activated_sludge)

## **2.2 A bioquímica e a biologia molecular**

A bioquímica, também chamada química biológica, é o estudo dos processos químicos relacionados com os organismos vivos. Trata-se de uma ciência de base experimental, que conjuga a biologia com a química, que se foca nos processos que ocorrem ao nível molecular e no que sucede no interior das células, estudando componentes como as proteínas, lípidos e organelos. A bioquímica está estreitamente ligada à biologia molecular, o estudo dos mecanismos moleculares pelos quais a informação genética contida nos cromossomas se traduz em processos vitais e, por essa razão, inclui um campo de investigação extremamente diverso que toca em quase todos os aspetos da vida atual. A bioquímica cobre uma gama larga de disciplinas científicas, incluindo a genética, a microbiologia, as ciências forenses, a ciência das plantas e a medicina. A degradação do ambiente, um dos problemas mais prementes da sociedade atual, é também um tema focado pela bioquímica, sendo exemplos a melhoria da eficiência da fotossíntese para aumentar o rendimento de culturas agrícolas, a bioremediação de solos poluídos, a produção de biocombustíveis, as metodologias para aumentar a captura biológica de carbono ou o mapeamento genético de ecossistemas como forma de monitorização da biodiversidade. Dada a sua amplitude, a bioquímica e a biologia molecular são hoje em dia ciências fundamentais para a vida na Terra e os seus avanços nos últimos 100 anos têm sido notáveis.

## **2.3 Os ácidos nucleicos e a codificação genética**

Em grande parte, a bioquímica lida com estruturas químicas e com funções e interações entre macromoléculas biológicas, tais como proteínas, hidratos de carbono, lípidos, ou ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos, assim chamados devido à sua prevalência no núcleo celular, são o nome genérico de uma família de biopolímeros, ou macromoléculas bioquímicas, que podem transmitir informação genética em todas as células vivas e em vírus. Os ácidos nucleicos mais comuns são o ácido desoxiribonucleico (ADN) e o ácido ribonucleico (ARN).

O ADN é uma molécula complexa que contém toda a informação necessária para desenvolver e manter um organismo vivo. Todos os seres vivos têm ADN nas suas células. De facto, quase todas as células de um dado organismo multicelular possuem o conjunto total de ADN necessário para esse organismo. No entanto, o ADN faz mais do que especificar a estrutura e funções dos organismos vivos – também serve de unidade básica de hereditariedade em organismos de todos os tipos. Por outras palavras, quando os organismos se reproduzem, uma parte do seu ADN é transmitido aos seus “descendentes”. Esta transmissão de ADN ajuda a garantir um certo grau de continuidade de uma geração para a seguinte, permitindo simultaneamente ligeiras modificações que contribuem para a diversidade da vida.

Sendo macromoléculas bioquímicas, o ADN e o ARN são formados por junção de moléculas mais pequenas, semelhantes entre si, que se agregam umas às outras formando cadeias longas (Fig. 2.2). Essas moléculas menores são chamadas nucleótidos e cada uma consiste de três componentes: uma base heterocíclica de azoto (uma purina ou uma pirimidina), um açúcar pentose e um grupo fosfato (Fig. 2.2 a)). O grupo fosfato e o açúcar de cada nucleótido ligam-se entre si para formar a estrutura/cadeia do ácido nucleico, enquanto que a sequência de bases de azoto armazena a informação genética (Fig. 2.2b)). As bases de azoto são a adenina, a citosina, a guanina, a timina e o uracilo. Estas bases de azoto de uma cadeia de ácido nucleico formam ligações com outras bases de azoto de uma cadeia complementar de ácido nucleico (tal como um fecho *éclair*, (Fig. 2.2 b). No ADN a adenina liga-se à timina e a citosina liga-se à guanina. A ordem destas bases na cadeia constitui a sequência do ADN que codifica a chamada “impressão digital genética” de um organismo. Assim, o código genético é uma sequência de bases na cadeia de ácido nucleico e equivale a uma linguagem escrita num código de 4 letras, A, G, C e T. Toda a informação genética sobre todas as características de um ser vivo está codificada nos seus cromossomas com um código que tem apenas estes 4 símbolos.

Um cromossoma é uma única, longa molécula de ADN, ou seja, uma estrutura altamente organizada que armazena informação genética nos organismos vivos. Pequenas secções do cromossoma que contêm informação genética, chamadas

genes, codificam a informação relativa ao ARN e às moléculas de proteínas necessárias a um organismo e são passados de geração em geração no processo de reprodução.

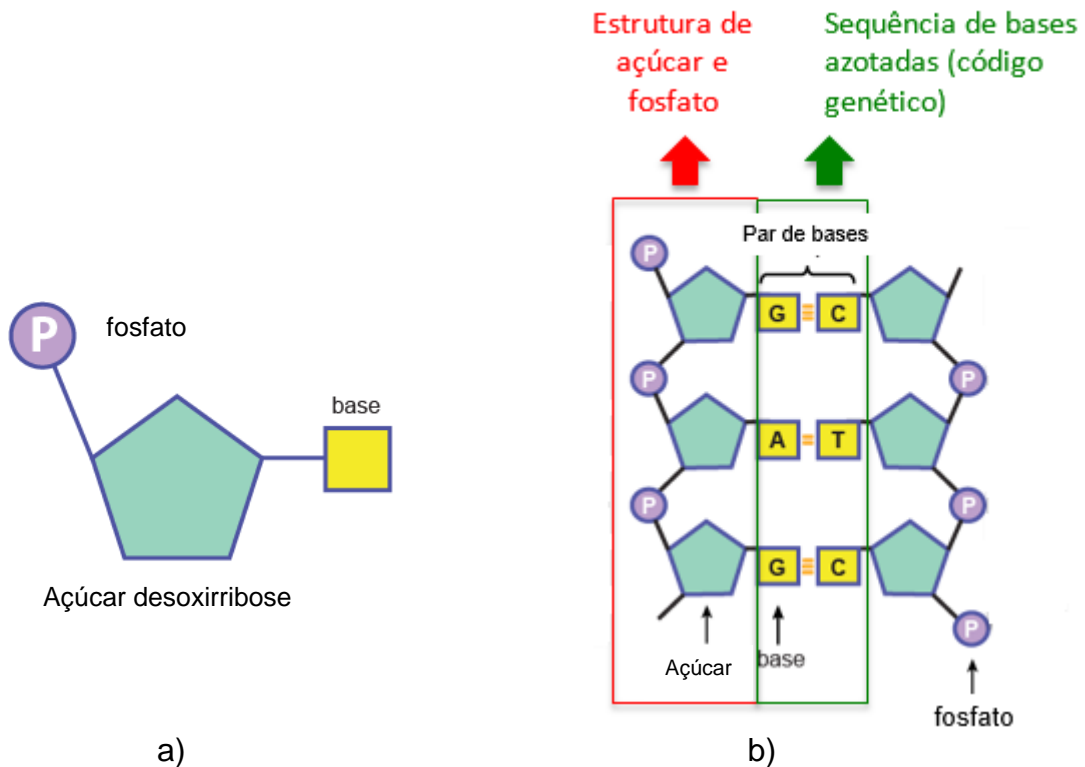


Figura 2.2 - a) Estrutura de um nucleótido b) Formação da cadeia dupla de ADN (adaptado de Shmoop-nucleic acids<sup>3</sup>).

O ADN foi descoberto em 1868 quando o jovem físico suíço Friedrich Miescher isolou um composto do núcleo das células brancas do sangue. Este composto não era um hidrato de carbono, nem uma proteína, nem um lípido e, por isso, constituía um novo tipo de molécula biológica que Miescher denominou de “nucleína”, dado ter sido isolada a partir de núcleos de células. Hoje em dia, essa molécula chama-se ADN. Praticamente todas as células de um dado organismo vivo contêm exatamente o mesmo ADN. Em 1953, Francis Crick e James Watson descreveram a forma molecular do ADN como uma “hélice dupla”. O ADN de cadeia dupla é composto de duas cadeias lineares que podem torcer-se em conjunto para formar a hélice dupla e, assim, a estrutura do ADN também pode ser descrita como uma escada de corda torcida (Fig. 2.3). A estrutura química da

<sup>3</sup> <http://www.shmoop.com/biomolecules/nucleic-acids.html>

escada é feita de moléculas de açúcar e fosfato que se ligam por meio de ligações químicas (Figs. 2.2 e 2.3). Os degraus da escada são pares de unidades formadas entre A e T ou entre C e G (Fig 2.3). Estes pares são chamados pares de bases e ligam a duas estruturas de açúcar-fosfato através de ligações de hidrogénio (Fig. 2.3).

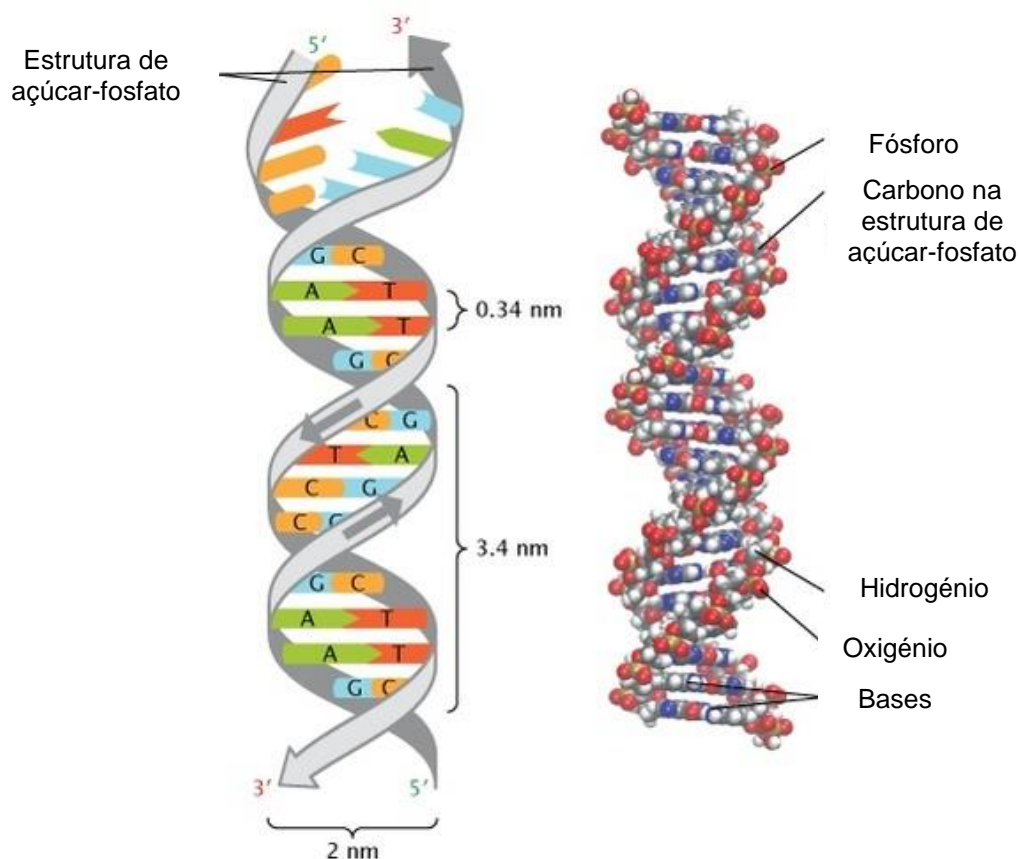


Figura 2.3 - Dupla hélice de ADN (adaptado de Scitable by Nature Education<sup>4</sup>).

O ácido ribonucleico (ARN) difere do ADN, porque ao nível da estrutura nucleotídica, em vez da base timina tem a base uracilo, e ao nível da macroestrutura é constituído por apenas uma cadeia simples e não dupla (Fig. 2.4). Ao nível funcional, estas macromoléculas também são diferentes: as macromoléculas de ADN armazenam a informação genética e as macromoléculas de ARN têm diversos papéis, como, por exemplo, a tradução da informação genética em mecanismos de síntese de proteínas ou o transporte de aminoácidos para os locais da célula onde é feita a síntese de proteínas (ribossomas).

<sup>4</sup> <http://www.nature.com/scitable/topicpage/Discovery-of-DNA-Structure-and-Function-Watson-397>

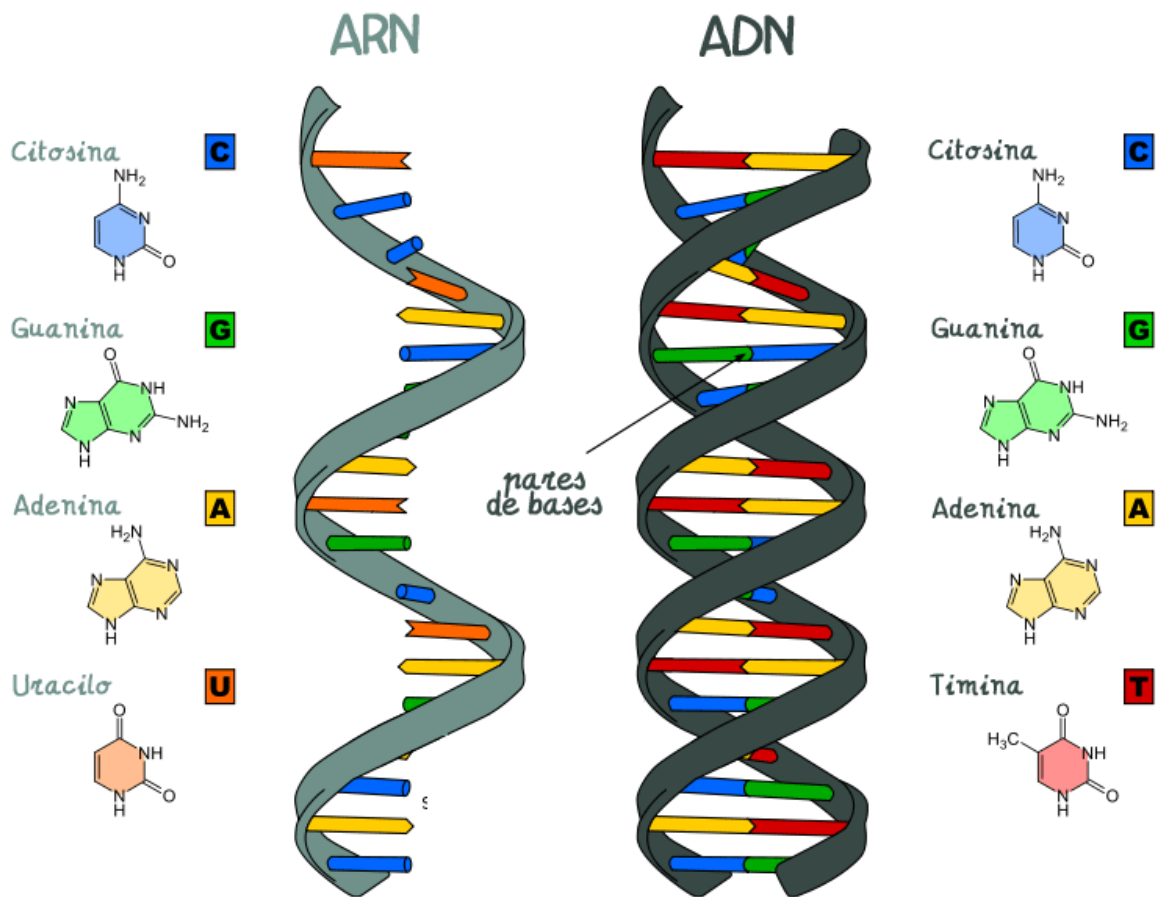


Figura 2.4 - Estruturas do ARN e do ADN (de Salud&JuanMadrid<sup>5</sup>).

Como se disse acima, o ADN é como que uma “impressão digital genética”, ou seja, cada indivíduo, seja um ser humano, uma planta, um animal ou qualquer microrganismo, tem um conjunto de moléculas de ADN/cromossomas único e diferente do de todos os outros indivíduos da mesma, ou de outra, espécie biológica. No entanto, entre indivíduos da mesma espécie biológica há muitas secções de ADN (isto é, sequências de bases do ADN/cromossomas) que são comuns. Em princípio, quanto mais semelhantes forem duas espécies biológicas, mais semelhanças haverá entre o ADN de dois indivíduos dessas espécies. Assim, por exemplo, entre o Homem e os primatas há mais semelhanças de ADN do que entre o Homem e os répteis. Por outro lado, há sequências de

<sup>5</sup> <http://doctorjuanmadrid.com/duplicacion-del-adn-como-pasa-la-informacion-una-celula-a-sus-celulas-hijas/>

ADN/cromossomas e de ARN que são específicas de cada espécie biológica, isto é, estão presentes em todos os indivíduos dessa espécie e não em indivíduos de outras espécies. São essas sequências de ADN ou ARN específicas que permitem identificar uma espécie biológica ao nível cromossómico. Esta possibilidade é especialmente útil na identificação de grupos ou espécies de microrganismos difíceis de identificar e quantificar utilizando os métodos clássicos de microscopia ou as técnicas de cultivo em laboratório.

No caso das ETAR, é útil a monitorização das espécies microbiológicas que compõem a população responsável pela degradação biológica dos poluentes e eventualmente pela sua transformação em produtos de valor acrescentado, como o metano, ácidos voláteis ou bioplásticos, para citar apenas alguns exemplos.

#### **2.4 A metodologia FISH (Fluorescence *in situ* Hybridization)**

Devido às muitas ligações de hidrogénio formadas entre as bases de duas cadeias de ADN emparelhadas (Figs. 2.3 e 2.4), a hélice dupla é uma estrutura notavelmente estável. Além disso, se as ligações de hidrogénio que mantêm a hélice se quebrarem devido a aquecimento ou a contacto com compostos químicos (desnaturação), a hélice tem capacidade de se refazer quando as condições se tornarem de novo favoráveis. Esta capacidade de a hélice de ADN se refazer, ou renaturar, é a base da hibridização molecular. Na hibridização molecular, uma sequência de ADN ou de ARN marcada (com radioatividade ou fluorescência) é usada como uma sonda para identificar ou quantificar as cadeias complementares correspondentes presentes numa amostra. Nos anos 1960, os investigadores Joseph Gall e Mary Lou Pardue (1969) verificaram que a hibridização molecular podia ser usada para identificar a posição de sequências de ADN *in situ* (isto é, nas suas posições naturais nos cromossomas). Os dois cientistas demonstraram que cópias radioativas de uma sequência de ARN ribossomal (ARN dos ribossomas) podiam ser usadas para detetar sequências complementares de ADN no núcleo de um ovo de rã. Pouco tempo depois, as sondas radioativas foram substituídas por sondas fluorescentes e, hoje em dia, a



maior parte dos trabalhos de hibridização *in situ* é feita utilizando sondas com fluorescência. Neste contexto, e numa aceção muito simplificada, entende-se fluorescência como sendo a capacidade de emitir luz. A detecção de uma sequência de ADN pode ser comparada à procura de uma agulha num palheiro, em que a agulha é a sequência de ADN a procurar e a palha é um conjunto numeroso de cromossomas. Esta procura é facilitada se o investigador tiver um íman poderoso – neste caso, uma sequência complementar da sequência de ADN que interessa (sequência alvo). A hibridização ocorre quando o íman encontra a agulha, ou seja quando a sonda, composta por uma dada sequência de bases, se liga à sequência que lhe é complementar. Para que isso suceda, é necessário conhecer a sequência alvo que se pretende detetar na amostra e depois construir uma sonda com uma sequência de bases complementar, como se pode ver na Figura 2.5.

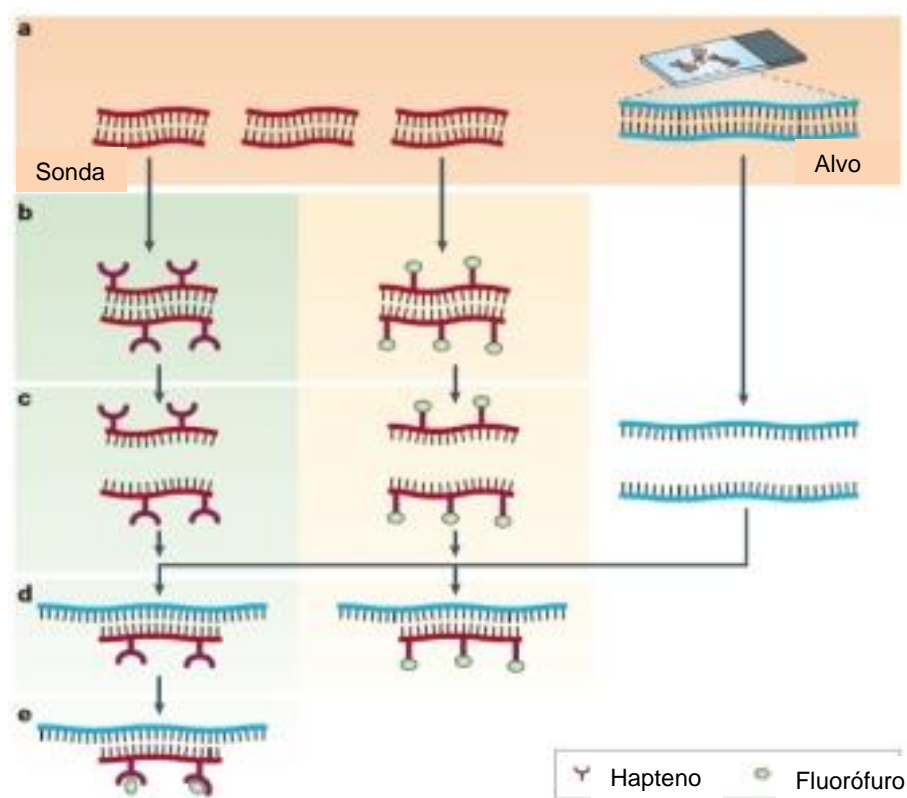


Figura 2.5 – Técnica de FISH, ver texto para explicação (adaptado de Scitable by Nature Education<sup>6</sup>).

<sup>6</sup> <http://www.nature.com/scitable/topicpage/fluorescence-in-situ-hybridization-fish-327>

Na Figura 2.5, a sequência de ADN da sonda está representada a vermelho (a - imagem da esquerda). Os cromossomas da sequência de ADN de interesse, ou sequência alvo, estão representados a azul (a - imagem da direita). As ligações de hidrogénio que ligam as bases das duas cadeias da hélice de ADN estão representadas por linhas negras.

O primeiro passo do processo é a produção de uma sonda fluorescente (Fig. 2.5, imagens do centro) ou à qual se possa adicionar fluorescência num passo posterior (Figura 2.5, imagens da esquerda). A seguir, antes de ocorrer a hibridização, tanto a sonda como a sequência alvo devem sofrer um processo de desnaturação por ação do calor ou de agentes químicos. A desnaturação é a separação da hélice dupla de ADN nas suas duas cadeias complementares (semelhante à abertura de um fecho *éclair*), Figura 2.5c. Este passo de desnaturação é necessário para que se possam formar novas ligações de hidrogénio entre a sonda e o alvo durante o passo de hibridização subsequente. As sequências alvo e as sondas são então misturadas (Figura 2.5d) e as sondas hibridizam especificamente com as sequências complementares (alvo). Se a sonda já for fluorescente (Figura 2.5, imagens do centro) será possível detetar o local de hibridização diretamente. Caso a sonda não seja fluorescente, é necessário um passo adicional para conferir fluorescência à sonda (Figura 2.5, imagens da esquerda). Devido à fluorescência das sondas, os híbridos formados entre as sondas e as sequências alvo podem ser detetados usando um microscópio de fluorescência.

Em Engenharia do Ambiente, a técnica de FISH constitui uma abordagem revolucionária que permite aos investigadores a identificação e quantificação rápida de microrganismos presentes numa amostra ambiental. A identificação de microrganismos com o método FISH pode ser realizada devido à disponibilidade de sondas moleculares contendo uma sequência de material genético (ADN ou ARN) complementar à sequência de ADN (ou ARN) de interesse. Na análise, as sequências das sondas ligam-se às correspondentes sequências de material genético dos microrganismos que se pretende detetar. Devido à molécula fluorescente (fluorocromo) ligada à sonda, os microrganismos tornam-se visíveis

ao microscópio, permitindo a sua identificação e quantificação (Domanska *et al.*, 2014). Hoje em dia, o processo está consideravelmente simplificado, pois o utilizador apenas necessita de submeter a sequência complementar a uma empresa comercial e recebe a sonda em poucos dias. As sondas marcadas com fluorescência são transferidas para as células onde se ligam às sequências complementares, se estas estiverem presentes. A observação da amostra num microscópio de fluorescência permite visualizar as sondas e assim detetar os microrganismos de interesse.

Um protocolo laboratorial de FISH consiste em cinco fases principais (Ormezi e Linden, 2008): preparação da amostra, fixação, imobilização, hibridização e observação em microscópio de fluorescência. A fixação aumenta a permeabilidade da célula, de forma a permitir a penetração da sonda e protege a célula de lise durante a hibridização. Durante a imobilização, tipicamente, as células são aplicadas em lâminas de microscopia e desidratadas com uma série de soluções de etanol. O passo de hibridização envolve a penetração da sonda na célula e a ligação específica do oligonucleótido marcado às sequências complementares do ácido nucleico existente na amostra. Finalmente, a sonda ligada por hibridização é visualizada num microscópio de fluorescência (Ormezi e Linden, 2008).

A revisão de Swiger e Tucker (1996) apresenta os conceitos básicos relacionados com a metodologia FISH. Os trabalhos de Levsky e Singer (2003), Lakatosova e Holeckova (2007) e de Volpi e Bridger (2008) dão uma perspetiva da evolução da metodologia FISH para a identificação de sequências nucleotídicas nas suas mais diversas aplicações.

A Hibridização *in situ* de Fluorescência é um método expedito de detetar células individuais em amostras limpas. No entanto, a aplicação de FISH a amostras de águas residuais ou de lamas biológicas apresenta um conjunto de problemas específicos. Estas amostras geram uma elevada fluorescência de fundo devido ao seu teor orgânico e inorgânico e pode ser difícil diferenciar o sinal da sonda do sinal de partículas fluorescentes existentes na amostra. Além disso, alguns dos passos da técnica de FISH envolvem um tratamento agressivo das amostras e podem romper os flocos biológicos e alterar a associação entre partículas e

microrganismos. Por estas razões, os protocolos FISH desenvolvidos para culturas de células puras podem não ser adequados em matrizes aquosas mais complexas, justificando-se a adaptação de protocolos para utilização específica com amostras de lamas de ETAR (Ormeçi e Linden, 2008).

## **Capítulo 3**

# **A tradução científica e técnica**



### 3 A tradução científica e técnica

#### 3.1 Textos científicos e textos técnicos

Comumente, a classificação de um texto como técnico/científico segue uma classificação por temas, como a do sistema de classificação internacional Dewey<sup>7</sup> ou do sistema de Catalogação Decimal Universal<sup>8</sup>. No entanto, nem sempre é óbvia a classificação de um texto como científico e/ou técnico; veja-se, por exemplo, a investigação de Copeck *et al.* (1997), em que é apresentado um estudo que descreve as características dos textos tipicamente considerados técnicos, rejeitando a classificação por temas. Estes autores consideram que texto técnico não é um gênero textual, mas sim que a “technicalidade” é transversal a muitos gêneros de textos. A partir de uma análise das características lexicais, sintáticas, semânticas e discursivas, os autores propõem uma fórmula numérica para avaliar a “technicalidade” dos textos.

No geral, os textos científicos e os textos técnicos são considerados como sendo textos funcionais e informativos, os quais, como o nome indica, são escritos com o objetivo de transmitir informação ao leitor. Embora geralmente os textos científicos e técnicos não se associem ao uso de linguagem figurativa e metafórica, alguns autores (por exemplo, Darien (2000) e Temmerman (2000)) mostram que esse tipo de linguagem é largamente usado na comunicação científica como um meio de estabelecer padrões e relações entre o conhecimento já adquirido e o conhecimento novo. Os objetivos mais comuns da comunicação científica e técnica são ajudar o leitor a compreender um assunto ou a executar corretamente um procedimento. Estes objetivos são geralmente atingidos porque estes textos recorrem a regras formais de apresentação da informação, combinando texto, imagens e tabelas, de forma que essa informação, muitas

---

<sup>7</sup> <http://www.oclc.org/dewey.en.html>

<sup>8</sup> <http://www.udcc.org>

vezes complexa, é facilmente acessível e compreensível para um determinado leitor num determinado contexto.

As características genéricas da documentação científica e técnica têm sido alvo de alguns estudos (Collier e Toomey, 1997; Koulaidis *et al.*, 2001; Rus, 2014) e resumem-se a seguir segundo o esquema apresentado por Byrne (2012). Assim, os textos técnicos e científicos:

- têm públicos alvo específicos
- são textos funcionais
- são, frequentemente, produzidos por mais do que um autor
- usam a formatação como forma de facilitar a leitura e a compreensão
- são transmitidos utilizando vários tipos de suportes e tecnologias

Apesar de muitos textos apresentarem elementos tanto de texto científico como de texto técnico, estes dois tipos de textos são distintos. No entanto, a investigação científica abre caminho para os avanços tecnológicos e, como tal, a ciência de hoje vem a ser a tecnologia de amanhã e os dois tipos de texto, científico e técnico, são, em última análise, baseados no mesmo tipo de informação.

Os textos científicos caracterizam-se por reportarem investigações empíricas ou teóricas, na área das ciências naturais ou sociais, e discutem, analisam e sintetizam informação com o objetivo de explicar novas ideias, propor novas teorias e avaliar metodologias. Os autores gregos e romanos da antiguidade comunicavam o conhecimento científico usando uma larga variedade de estilos e formas textuais, como a poesia, diálogos ou cartas (Doody *et al.*, 2012). Presentemente, conforme o tipo de texto científico em causa, há regras de elaboração mais ou menos rígidas; por exemplo, as revistas científicas têm regras muito exigentes, divulgadas sob a forma de orientações para os autores (*author's guidelines*), cujo incumprimento é, à partida, impeditivo de publicação. Os cientistas submetem o seu trabalho à apreciação e aceitação pelos seus pares, contribuindo assim para um fundo base comum do conhecimento científico que permite o avanço e a evolução da Ciência. A necessidade de aceitação pelos pares implica textos de grande clareza de exposição e, ao mesmo tempo, uma estrutura de argumentação, mais ou menos evidente, que procura convencer o



leitor da validade da informação apresentada. Consequentemente, e também em decorrência do próprio processo científico, neste tipo de textos, há, portanto, lugar a criatividade e a individualismo (Locke, 1992). Normalmente, os textos científicos são de tipo expositivo, com uma tendência para criar uma divisão explícita de matéria com subdivisões ordenadas logicamente e culminando em conclusões finais. Um exemplo de regras de elaboração, de formatação e de ética aplicáveis a textos científicos é o conjunto de três artigos publicados por Streken (2011).

São exemplos de textos científicos os seguintes:

- artigos publicados em revistas científicas
- patentes
- livros
- comunicações em conferências
- propostas para financiamento de investigação científica
- outros (páginas electrónicas, relatórios de projetos de investigação científica pura ou aplicada, compilações)

Muito do prestígio associado a certas publicações científicas, principalmente artigos em revistas da especialidade, decorre do processo de revisão por pares acima mencionado. Neste processo, que procura assegurar o cumprimento de requisitos de qualidade científica, impõe-se que, antes da publicação, o texto seja revisto e comentado por outros cientistas (revisores) no que respeita à transparência e repetibilidade da investigação, validade das interpretações e das conclusões, importância para a respetiva área científica, novidade e aplicabilidade. Após esta revisão, o artigo pode ser liminarmente aceite ou rejeitado, ou ainda, caso mais frequente, aceite com a condição de ser sujeito às correções sugeridas pelos revisores. Como se disse acima, este processo é principalmente usado na publicação de artigos em revistas científicas, embora não em todas, e, geralmente em menor grau e com menos exigência, na publicação de livros, capítulos de livros ou comunicações em conferências. O facto de o processo de revisão de livros ou capítulos de livros ser menos exigente do que no caso de revistas leva a que aquele tipo de publicações seja, em princípio, menos prestigiado do que a publicação em revistas. No entanto, para que um autor tenha a oportunidade de publicar um livro com uma editora

prestigiada, como é o caso da IWA Publishing, que publica o livro do qual foram retirados os textos traduzidos neste trabalho, é necessário que seja um investigador de mérito reconhecido internacionalmente (ver Capítulo 5).

Na década de 1990, vários investigadores iniciaram a análise das formas como diferentes géneros textuais usam combinações específicas de características linguísticas e como o significado e a função dessas características pode variar em géneros textuais diferentes (Swales, 1990; Bathia, 1993; Luzón, 2005). Um género textual é visto como uma classe de eventos comunicativos que partilham propósitos comuns, que são reconhecidos por membros da comunidade discursiva a que pertencem (Luzón, 2005). Bhatia (1997) define género textual em termos do uso da língua em contextos comunicativos convencionais. Os géneros textuais devem servir os objetivos de comunidades discursivas específicas e ao fazê-lo tendem a estabelecer formas estruturais relativamente estáveis e, de alguma forma, mesmo constringer o uso de recurso léxico-gramaticais na expressão dessas formas. Os géneros são categorias semióticas que facilitam a identificação e compreensão de certos atos comunicativos pelos nossos sistemas cognitivos (Bhatia 1993; Beghtol, 2000), que, por seu lado, antecipam uma série de expectativas relativas aos participantes, propósitos retóricos, função social, situação geral de comunicação, contexto sociocultural e convenções textuais. Se as convenções de género não forem tidas em conta quando se traduz um texto científico ou técnico, o texto de chegada será um documento meramente “compreensível” que não preenche as expectativas do leitor e que não cumpre a sua função devida na cultura de chegada (Gamero, 2001).

Um dos investigadores mais influentes na análise de géneros textuais foi Swales, que estabeleceu um método para a análise da estrutura retórica de diferentes géneros. Swales (1990) identificou três movimentos retóricos (*moves*), ou categorias retóricas, nas introduções de artigos científicos: estabelecimento de um território (movimento retórico 1); estabelecimento de um nicho (movimento retórico 2); ocupação do nicho (movimento retórico 3). Estudos posteriores evidenciaram que os géneros variam consoante a disciplina científica e que, por exemplo, no caso da engenharia de *software*, a estrutura de movimentos retóricos

na introdução de artigos científicos não coincide com a proposta por Swales (1990).

Bhatia (1997) analisou o gênero textual “introdução de livro acadêmico” e classificou as introduções desses livros em dois tipos: capítulo introdutório de um livro, o qual é considerado uma parte importante do próprio livro, e a introdução do(s) autor(es) ao livro, a qual se situa, geralmente, fora do conteúdo do próprio livro. Bhatia (1997) atribui propósitos comunicativos muito diferentes a estes dois tipos de introdução. No primeiro caso, o principal propósito comunicativo é apresentar a parte inicial do livro, cujo objetivo será o de estabelecer o contexto em que o resto do livro deve ser entendido. Assim, este tipo de capítulos introdutórios fazem parte integrante, embora preliminar, do conteúdo do livro. No segundo caso, a introdução do(s) autor(es), os propósitos comunicativos são muito mais complexos. A função principal é a de “apresentar o livro”, discutindo o seu propósito geral e o âmbito pretendido, e dando também frequentemente uma descrição do seu conteúdo, combinada com referência a aspectos positivos do livro. Este tipo de introduções ocorrem geralmente fora do conteúdo do próprio livro e são, às vezes, utilizados pelos editores para promover o livro. Em geral, todos os tipos de introdução de livros acadêmicos têm o objetivo comunicativo de apresentar o livro e o seu conteúdo, o que pode passar por estabelecer a área temática do estudo e estabelecer um nicho nas áreas de estudo relevantes (Bhatia, 1997). Outro propósito de uma introdução de livro acadêmico, comum à introdução de artigos científicos (Swales, 1990), é a captação de leitores e a promoção indireta da investigação científica. Embora sutil no caso dos artigos científicos, este aspecto é muito relevante no caso de introduções de livros acadêmicos, estando progressivamente a tornar-se mais transparente, direto e dominante. Este propósito comunicativo leva ao uso de estratégias linguísticas subtis, por exemplo, o uso extenso de adjetivos para descrever aspectos do livro, que remetem para textos publicitários. Assim, atualmente, é comum encontrar um propósito duplo nas introduções de livros acadêmicos, o que representa uma instância de “comodificação” (Fairclough, 1993, *in* Bhatia, 1997): o de apresentar o livro e o de o promover junto dos leitores potenciais, que poderão ser levados a investir no conhecimento oferecido pelo livro. Relativamente a este segundo

propósito, a característica mais distintiva do texto será o uso predominante de adjetivos para descrever e avaliar positivamente o livro.

Os textos técnicos são escritos fundamentalmente para transmitir informação o mais claramente e o mais eficazmente possível, sem que a opinião/posição do autor esteja de alguma forma patente, como sucede nos textos científicos. São exemplos de textos técnicos os seguintes:

- Instruções e manuais (por exemplo, manuais de utilizador)
- Especificações técnicas de produtos
- Fichas de segurança
- Relatórios de peritos

Os textos técnicos sendo, em princípio, mais objetivos do que os textos científicos, têm regras de género textual mais rígidas. No entanto, Ulijn (1995) mostra que mesmo num manual técnico, a organização dos movimentos retóricos pode sofrer influência das características culturais do público-alvo.

O género textual “protocolo de laboratório” insere-se na categoria textual de textos técnicos e tem sido menos estudado do que o artigo científico ou a introdução de livros. Estima (2011) aponta como traços estáveis deste género textual o emprego de linguagem formal, o uso de verbos na forma imperativa, a recorrência de adjetivos, advérbios e substantivos e a abreviação de palavras. Quanto aos movimentos retóricos a autora classifica como estáveis a presença de 1) materiais e equipamentos utilizados e 2) a descrição do procedimento experimental, concluindo serem estes dois movimentos retóricos essenciais para os propósitos destes textos. Como traços não estáveis são apontados a identificação dos autores, o tipo de público-alvo, o uso de linguagem não-verbal e de orações coordenadas e subordinadas e o emprego do tempo verbal futuro para descrever resultados esperados. Ao nível dos movimentos retóricos, Estima (2011) classifica como não estáveis os seguintes: introdução, objetivo, notas e recomendações, outras atividades, informações adicionais, nível de dificuldade, tempo de execução e prática opcional.

Como se verá mais adiante, as diferenças entre textos científicos e textos técnicos implicam de imediato abordagens diferentes à tradução dos dois tipos de textos.

Do ponto de vista linguístico os textos técnicos e científicos têm características específicas ao nível gráfico, ao nível sintático, ao nível lexical e ao nível semântico (Hutchins, 1977; Collier e Toomey, 1997; Koulaidis *et al.*, 2001). Das que são mais relevantes para o presente trabalho, destacam-se as seguintes:

1. nível sintático: frases extensas com estrutura interna complexa;
2. nível lexical: neologismos terminológicos; nominalizações; taxonomias; siglas, acrónimos e abreviaturas; relexicalização;
3. nível semântico: progressão temática, com adição progressiva de conteúdo semântico às frases precedentes.

Estas características serão abordadas com mais pormenor no tratamento de exemplos concretos dos textos a traduzir no âmbito deste trabalho (veja-se Capítulo 5 e Capítulo 6).

### **3.2 Teoria(s) da Tradução**

David Bellos inicia o seu livro “Is that a fish in your ear?” (Bellos, 2012) com uma anedota em que conta que um professor universitário se recusa a ensinar tradução com a justificação de que *he did not know what “translation” was*. Segundo o autor, é mais importante discutir como traduzir do que discutir o conceito em si. De facto, o conceito de tradução tem sofrido uma evolução particularmente pronunciada nas últimas décadas, devido, entre outros fatores, ao desenvolvimento de estudos sobre o tema, os quais são, por sua vez, devidos, em última análise, a fenómenos de globalização.

O estruturalista russo Roman Jakobson (1959) propôs três categorias distintas para interpretar o conceito de tradução: - intralinguística: interpretação de signos verbais por meio de outros signos da mesma língua; - interlinguística: interpretação de signos linguísticos por meio de outra língua; - intersemiótica:

interpretação de signos verbais por meio de sistemas de signos não verbais (quando um texto é traduzido para um texto não verbal, tal como uma música, um filme ou um quadro). Jakobson (1959) aborda o problema da equivalência em línguas diferentes sublinhando o facto de que não existe equivalência perfeita entre palavras de línguas diferentes, da mesma forma que, ao nível da tradução intralinguística, não há geralmente uma equivalência completa entre unidades de código, ou seja, não existe verdadeira sinonímia.

A tradução, no seu sentido mais comum (interlinguística), envolve o uso de duas línguas: a língua de partida e a língua de chegada. Etimologicamente, as palavras “traduzir”, “tradutor” e “tradução” tem origem no latim *traducere* ou *transducere*, ou *traductio* e *traductor*, que possuíam sentido diverso, mas continham a ideia fundamental de “fazer passar, pôr em outro lugar” (Junqueira, 2012). O primeiro texto traduzido, de que há registo no Ocidente, foi o Antigo testamento (*Septuaginto*), traduzido do Hebreu para o Grego no Século 3 AC. Os primeiros textos sobre tradução recuam aos tempos de Cícero (1º Século AC) com a distinção entre tradução “palavra-por-palavra” (tradução literal ou *verbum pro verbo*) e a tradução “sentido-por-sentido” (tradução livre ou *sensum pro sensu*). Cícero afirmou que não se devia traduzir *verbum pro verbo* e assim iniciou um debate que se prolongou por séculos.

No processo de tradução, procura-se inevitavelmente a equivalência entre os textos nas duas línguas. No entanto, este conceito de equivalência é visto em várias óticas e tem sido definido de formas diversas pelos investigadores de tradução. As primeiras teorias da tradução que seguiram uma abordagem linguística (Jakobson, 1959; Nida, 1964) têm um enfoque muito acentuado na importância do texto de partida e estabelecem que deve haver uma estreita relação entre o texto de partida e o texto de chegada. Segundo estas teorias o processo de tradução deve ser determinado primordialmente pelo texto de partida e pelo seu efeito no leitor da língua de partida. Neste contexto, a noção de “equivalência” é basilar, tendo sido descrita e sistematizada por vários autores (por exemplo, Koller, 1979; Baker, 1992). Nida e Taber definem a tradução como

a reprodução na língua de chegada de uma mensagem equivalente à do texto de partida, mas sublinham a existência de elementos contraditórios nessa definição:

Translating consists in reproducing in the receptor language the closest natural equivalent of the source-language message, first in terms of meaning and secondly in terms of style. But this relatively simple statement requires careful evaluation of several seemingly contradictory elements (1969, 1982:12)

As teorias da tradução encontradas na literatura foram em geral desenvolvidas para explicar a tradução literária e bíblica, não havendo nenhuma dessas teorias que seja de aplicação explícita à tradução de textos técnicos ou científicos. Por outro lado, as teorias existentes, na sua maioria, seguem uma abordagem dicotômica, partindo de extremos diametralmente opostos, como, por exemplo:

- equivalência formal vs equivalência dinâmica (Nida e Taber, 1969:1982)
- equivalência semântica vs equivalência comunicativa (Newmark, 1997)
- *overt translation* vs *covert translation* (House, 1977)

Estas distinções, embora resultado de uma sistematização teórica bem estruturada, são de pouca utilidade na prática da tradução, já que os conceitos em que assentam são vagos e de difícil verificação. Por exemplo, no que respeita à equivalência dinâmica, os próprios autores Nida e Taber (1969) reconhecem que mesmo em recetores do mesmo grupo linguístico-cultural pode ser difícil obter a mesma resposta/reação/efeito.

Uma abordagem mais prática ao conceito de equivalência e à sua aplicação a situações reais de tradução consiste na sistematização de níveis de equivalência que podem ocorrer em tradução. Por exemplo, no esquema proposto por Koller (1979) a equivalência pode ocorrer aos seguintes níveis:

- significado denotativo
- significado conotativo
- normas textuais
- significado pragmático

- formas linguísticas

Dependendo do tipo de tradução, alguns níveis podem ser privilegiados em detrimento de outros. No caso da tradução científica e técnica, num texto técnico seria mais relevante a equivalência de significado denotativo enquanto que, por exemplo, num artigo científico, além do significado denotativo seria importante a equivalência ao nível conotativo ou ao nível das formas linguísticas.

Baker (1992) propôs um esquema de equivalência em tradução dividido em seis níveis:

- ao nível da palavra
- “acima da palavra”
- gramatical
- de estrutura temática
- textual
- pragmática

Estas classificações, embora já mais úteis do que as abordagens dicotómicas ao conceito de equivalência, não nos dizem nada sobre qual o nível de equivalência a ser privilegiado num dado processo de tradução. Saber as diferentes formas em que um texto de partida e um texto de chegada podem ser equivalentes não significa que o tradutor escolha a forma mais adequada para um determinado projeto. Uma forma útil de usar o conceito de equivalência e os esquemas de níveis de equivalência em tradução seria empregá-los como um conjunto de instrumentos a serem utilizados para atingir um determinado objetivo de tradução predefinido.

Uma das maiores críticas feitas ao conceito de equivalência em tradução prende-se com o facto de este conceito não incorporar o mundo real, ou seja, as questões extratextuais, tais como constrangimentos temporais, terminologia e estilo preferidos, expectativas do leitor, etc.

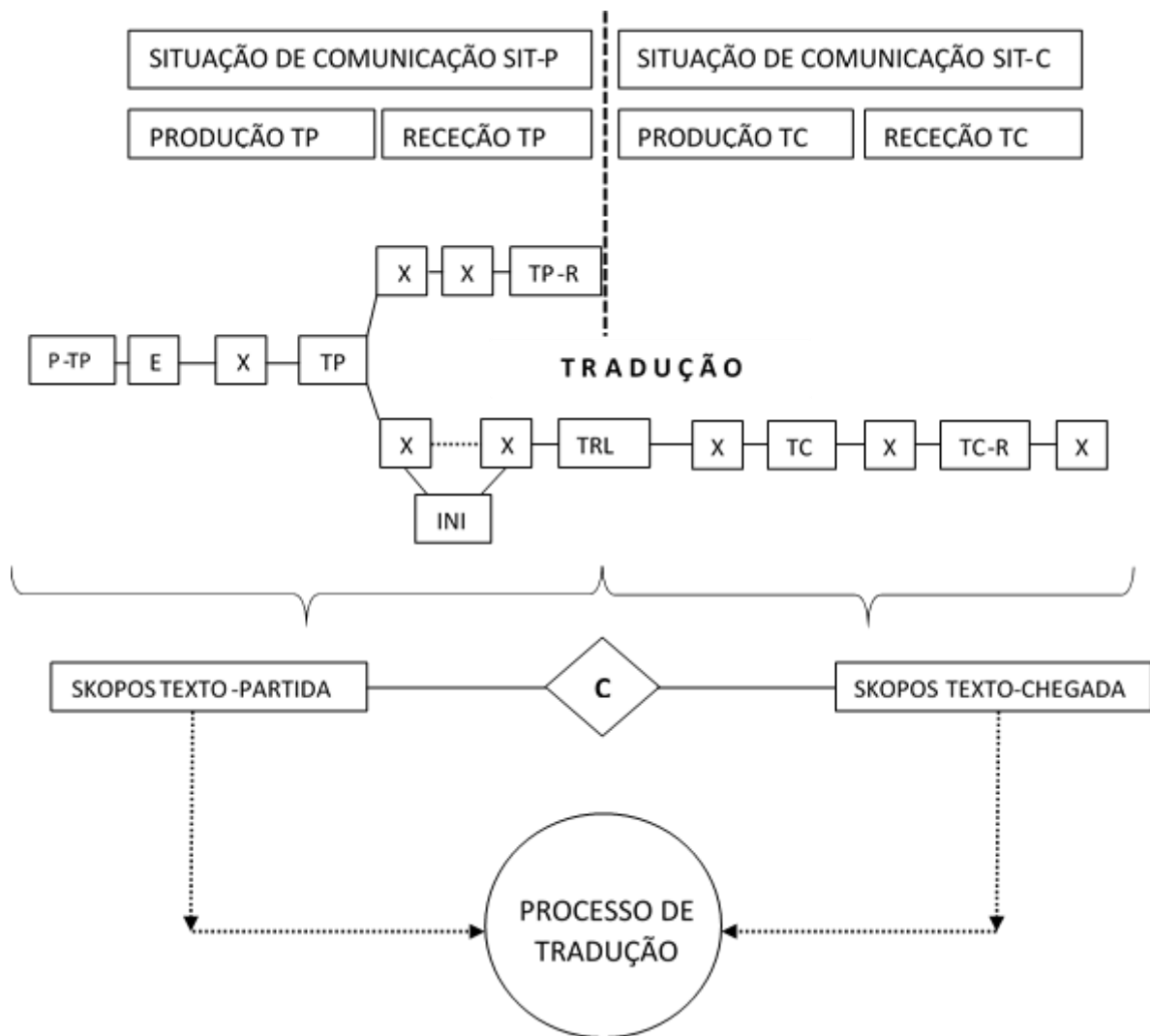
Em teorias da tradução posteriores (Reiss e Vermeer, 1984), baseadas no funcionalismo, é o texto de partida e os seus efeitos no leitor da língua de partida que determinam o processo de tradução, ou seja, a função do texto de partida define a função do texto de chegada e o processo de tradução. Em anos mais recentes, o foco da teoria da tradução deslocou-se das abordagens baseadas no



texto de partida para abordagens comunicativas que pressupõem que a tradução é um processo comunicativo e, como tal, os fatores orientadores devem ser a mensagem e o recetor, ou o conteúdo e o leitor da língua de chegada. A base destas abordagens é a Teoria do Skopos (*Skopos Theory*) desenvolvida por Vermeer (1978), a qual afirma que, ao contrário do que sucede no funcionalismo, o propósito do texto de chegada deve ser o que determina a forma como o texto de partida deve ser traduzido. Sendo a tradução uma atividade comunicativa, com uma motivação específica, os textos são (escritos e) traduzidos com propósitos específicos. O *skopos* é definido como a função da tradução estabelecida pelo iniciador do processo de tradução (Fig. 3.1).

Segundo a Teoria do Skopos, o processo de tradução é assim determinado pelo *skopos* do texto de chegada, tal como especificado pelo iniciador do processo de tradução (Nord, 2005). A forma como o texto é traduzido dependerá de quem o irá ler, de como irá ser usado, distribuído, etc. (ver Figura 3.1). Estes fatores não permanecem imutáveis entre o texto de partida e o texto de chegada e são particularmente importantes para a tradução de textos científicos e técnicos.

Na Teoria do Skopos, permanece a questão de saber qual a melhor estratégia de tradução e, para esse fim, é introduzida a noção de Instrução de Tradução (ou *Translation Brief*), definida como uma especificação que estabelece os requisitos da tradução. Obviamente, como saberá qualquer tradutor com alguma experiência, o ponto fraco desta teoria é o facto de no mundo real o iniciador do processo de tradução (Nord, 2005), ou cliente, raramente (ou nunca) fornecer esse tipo de indicações, obrigando assim o tradutor a colocar as questões que possam levar à elaboração de uma forma de *Translation Brief*. Por outro lado, mesmo quando existam Instruções de Tradução (*Translation Brief*), a Teoria do Skopos não indica ao tradutor a melhor forma de satisfazer o *skopos* definido.



Legenda:

SIT-P = situação de comunicação de partida  
 SIT-C = situação de comunicação de chegada  
 P-TP = produção de texto de partida  
 TC = texto de chegada  
 E = emissor  
 C = compatibilidade

X = participante/intermediário  
 TP-R = recetor do texto de partida  
 TP = texto de partida  
 INI = iniciador do processo de tradução  
 TRL = tradutor  
 TC-R = receção do texto de chegada

Figura 3.1 - Os intervenientes no processo de tradução (adaptado de Nord, 2005).

Segundo Byrne (2012), a melhor opção será combinar as melhores características de cada uma das abordagens (Fig. 3.2), o que envolverá usar a Teoria do Skopos para determinar o objetivo da tradução e permitir estabelecer qual o tipo de tradução requerida. O objetivo e o tipo de tradução, em combinação com a análise da tipologia do texto de partida permitirão definir algumas características

do texto de chegada em termos de linguagem, terminologia, conteúdo e recetores. A partir daqui, poderão utilizar-se os níveis de equivalência como orientações para a tradução.

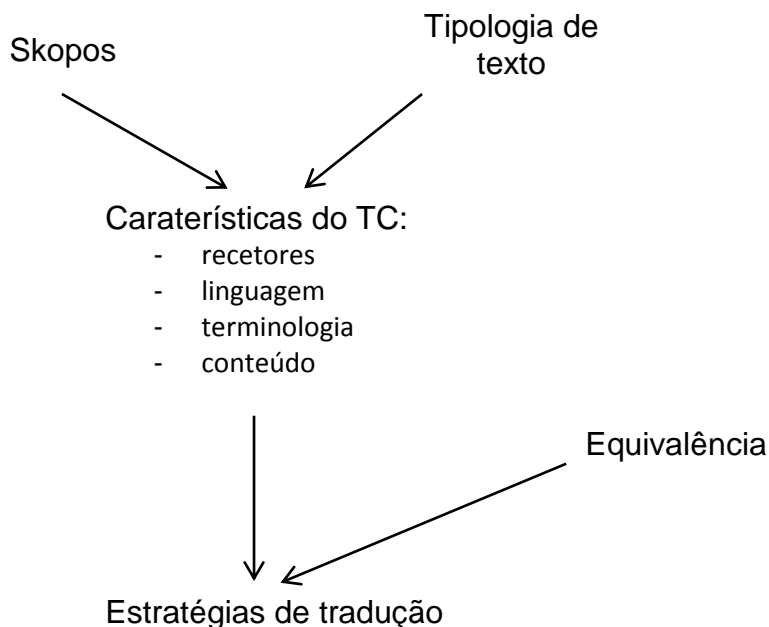


Figura 3.2 - Combinação de várias abordagens de tradução (segundo Byrne, 2012).

### 3.3 Tradução científica e tradução técnica

Num pré-relatório da UNESCO datado de 1953 (UNESCO, 1953) é sugerido que as necessidades de traduções técnicas e científicas sejam diminuídas, por um lado, ensinando os leitores a ler nas línguas originais, ou, por outro lado, levando os autores a escrever em línguas que possam ser lidas por mais cientistas e técnicos. De acordo com Bellos (2012), o conhecimento de nove línguas (Chinês, Hindi, Árabe, Espanhol, Russo, Urdu, Francês, Japonês e Inglês) será o suficiente para permitir a comunicação com cerca de 90% da população mundial. No entanto, na comunicação científica e técnica, o que sucedeu foi uma unificação linguística, com a queda sucessiva de línguas anteriormente usadas para comunicar a ciência (Alemão, Francês, Russo, Sueco) deixando apenas o Inglês. Analisando a evolução técnico-científica da Humanidade, é difícil encontrar um exemplo de uma invenção ou descoberta científica que não tenha sido

“exportada” para outra língua/cultura por meio de tradução. Na era da informação que vivemos atualmente, a tradução científica e a tradução técnica são mais importantes do que nunca e têm facilitado alguns dos mais relevantes avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas. A ciência e a técnica seriam áreas muito menos desenvolvidas do que são atualmente se cada comunidade linguística/cultural estivesse intelectualmente isolada e tivesse que descobrir por si todo o conhecimento técnico e científico (Byrne, 2012). Desde os primórdios da história que a tradução tem um papel central na disseminação do conhecimento técnico e científico e a conhecida citação de Hager (2000) “At the heart of international scientific and technical communication is translation”, é um reconhecimento desse facto.

Pinchuck (1977) seguiu o sistema de classificação internacional Dewey<sup>9</sup> e o sistema de Catalogação Decimal Universal<sup>10</sup>, desenvolvidos para a classificação bibliográfica, e catalogou a tradução científica como a tradução que diz respeito às ciências puras e a tradução técnica como a que tem a ver com as ciências aplicadas, designadamente, as ciências naturais e as tecnologias. Alguns autores (Rose, 1997; Pérez, 2001) contestam esta classificação na base da miscigenação temática que caracteriza os documentos e os discursos das ciências e das tecnologias. Durão (2007) refere a tradução científica e técnica como aquela que se relaciona com as áreas das *ciências* do sistema de classificação da UNESCO (UNESCO, 2005) e com as áreas das *tecnologias* do mesmo sistema de classificação, referindo, no entanto que num dado documento podem cruzar-se um número maior ou menor de áreas do conhecimento científico e técnico.

Os princípios e teorias da tradução acima mencionados podem aplicar-se à tradução científica e à tradução técnica, mas estes tipos de tradução têm, à partida, problemas próprios que decorrem das especificidades deste tipo de textos. Segundo Garcia (1992), os problemas relativos à tradução técnica e científica do inglês para o português situam-se em três categorias gerais: lexical, gramatical e estilística. No primeiro grupo, a autora trata as questões de

---

<sup>9</sup> <http://www.oclc.org/dewey.en.html>

<sup>10</sup> <http://www.udcc.org>

significado de palavras isoladas, os falsos cognatos, as palavras compostas, os verbos compostos, o emprego de substantivos na função de adjetivos e as expressões idiomáticas. No segundo grupo, a autora explora os problemas relacionados com os pronomes, os tempos verbais (especificamente o uso do pretérito perfeito em inglês), a omissão ou introdução de artigos, os vários significados das preposições, especialmente na sua conjugação com verbos ou adjetivos, e a estrutura temática. Quanto ao terceiro grupo, a autora refere o uso de formas do sujeito impessoal e a perda de informação quando o tradutor opta por um registo mais ou menos formal do que o do texto de partida. Vieira (1997) apresenta uma breve exposição de alguns casos práticos de más escolhas do tradutor em traduções científicas e técnicas, sublinhando que na tradução de textos científicos e técnicos se deve primeiro ter em conta a precisão do texto traduzido em termos da forma como este transmite o objetivo do autor do texto de partida ao leitor do texto de chegada. Segundo a autora, o papel do tradutor não é o de realizar uma tradução literal, mas sim o de escolher as palavras mais adequadas na língua de chegada e o de ser consistente nessas escolhas. O tradutor deve ter consciência de como a sua escolha de palavras irá influenciar o processo de inferência do leitor, o que, por sua vez, influencia, negativa ou positivamente, a compreensão geral e a aplicação do texto.

O maior problema na tradução científica e técnica é a transmissão de significado exato de uma palavra de uma língua para outra língua (Zecchini, 1995; Vesler, 2013). Escolher o termo correto na língua de chegada requer um conhecimento extenso, tanto do tema tratado, como da situação específica descrita no texto de partida (Vesler, 2013). Para Zecchini (1995) as palavras de duas línguas diferentes podem correlacionar-se das seguintes formas:

- 1) a palavra tem apenas um equivalente na outra língua (equivalente permanente);
- 2) a palavra tem uma gama de equivalentes na outra língua, muitos dos quais podem não constar de dicionários;
- 3) a palavra não tem equivalente na outra língua, caso em que os dicionários não apresentam tradução mas apenas a explicação do significado.

Zecchini (1995) identifica os quatro grupos de palavras que podem causar problemas na tradução científica e técnica, como sendo 1) falsos cognatos (veja-se também Granger e Swallow, 1988; Frunza e Inkpen, 2009), 2) palavras com mais do que um significado, 3) palavras com significados específicos em textos científicos e técnicos, 4) palavras de uso estilístico específico.

Outro fator responsável por dificuldades de tradução científica e técnica serão as combinações de palavras, já que a sequenciação de palavras em novas combinações é típica da escrita técnica e, sobretudo, da escrita científica (Zecchini, 1995).

Garcia (1992) afirma que os problemas de tradução referentes ao léxico e à gramática podem ser meramente resolvidos na base do conhecimento, isto é, domínio da língua de partida e da língua de chegada, e que, estritamente falando, estes dois fatores decidem quanto à correção ou incorreção de um texto traduzido. O estilo, no entanto, depende, em grande parte, de considerações de natureza fluida, tais como fatores psicológicos e sociológicos que exigem muito mais do que apenas a competência técnica do tradutor quanto ao léxico e à gramática.

### **3.4 Estratégias de tradução**

As estratégias de tradução podem classificar-se como globais (métodos de tradução) ou como locais (procedimentos de tradução). O primeiro caso refere-se à estratégia que se aplica ao texto como um todo, sendo principalmente uma escolha de quão próximo do texto de partida será o texto de chegada; o segundo caso refere-se às estratégias que são aplicadas na tradução de expressões individuais do texto de partida, tais como palavras, construções gramaticais, expressões idiomáticas, etc.

A estratégia global de tradução deve ser escolhida tendo em conta a função estabelecida para o texto de chegada, ou seja, do *skopos* definido no *Translation Brief*, seja este explícito ou implícito. Dado que chegar a uma estratégia de tradução a partir da função do texto não é um processo imediato, é útil categorizar as funções de tradução segundo Nord (1997). A autora apresenta um modelo

funcional fazendo a distinção entre dois tipos básicos de tradução (e de processo de tradução), relevantes para a área da tradução técnica, referidos como tradução documental e tradução instrumental.

Tradução documental (ou imitativa) – tradução em que se ajuda o leitor a compreender o texto de partida, o qual permanece como essencial no ato de comunicação. Neste caso, procura-se reter tanto quanto possível os aspetos puramente formais do texto de partida. A tradução documental serve como “um documento de comunicação da cultura de partida entre o autor e o recetor do texto de chegada”.

Tradução instrumental (ou funcional) – tradução que se foca na criação de um texto novo, não havendo necessidade de esta se cingir ao texto de partida para que o ato de comunicação seja bem sucedido. Neste caso, procura-se transmitir o melhor possível a mensagem do texto de partida, mesmo que isso implique alterações drásticas nos aspetos formais do texto de partida. Uma tradução funcional serve como um instrumento independente de transmissão de mensagem numa nova ação comunicativa na cultura de chegada, e tem a intenção de cumprir o seu propósito comunicativo sem que o recetor esteja consciente de ler ou ouvir um texto que, numa forma diferente, foi usado anteriormente numa situação de comunicação diferente. A tradução instrumental poderá aplicar-se à tradução técnica quando o recetor da mensagem não deva aperceber-se de que está a ler uma tradução, mas sim, ser instruído da mesma forma que o leitor do original. Assim, a função deve ser preservada tanto para o texto de partida como para o texto de chegada.

Segundo Newmark (1988), estas duas categorias de tradução refletem uma clivagem do enfoque da tradução, em que, num extremo, na tradução imitativa, o foco são o texto e a língua de partida e, no outro extremo, na tradução funcional, o foco são o texto e a língua de chegada. A Figura 3.3 apresenta diferentes estratégias globais (métodos) de tradução listadas por Newmark (1988) e o seu enquadramento em termos de tipo de tradução e enfoque.

Enfoque	Método	Descrição
Texto/língua de partida Tradução imitativa	Palavra-a-palavra	Retém a ordem das palavras, traduzindo-as o mais literalmente possível
	Literal	Retém as estruturas gramaticais ou converte-as nos equivalentes mais próximos
	Fiel	Respeita as estruturas gramaticais da língua de chegada mas apoia-se em alguns fatores contextuais
	Semântica	Dá mais ênfase à naturalidade do que à fidelidade, traduz algumas palavras culturais em palavras neutras; neutraliza conotações culturais em algumas palavras
	Comunicativa	Procura reproduzir exatamente a mensagem em termos de conteúdo e contexto mas dá ênfase à naturalidade e aceitabilidade/compreensão
	Idiomática	Faz uso de expressões idiomáticas e coloquiais que não estão presentes no texto de partida
	Livre	Foca-se no conteúdo do texto de partida e menos na forma, o que significa que o mesmo conteúdo é expresso no texto de chegada mas, se necessário, recorrendo a estruturas gramaticais muito diferentes
Texto/língua de chegada Tradução funcional	Adaptação	Também chamada <i>document design</i> , é mais uma interpretação do texto de partida com base na língua/cultura de chegada, do que uma tradução



Figura 3.3 - Estratégias globais de tradução (segundo Newmark, 1988).

Outra subdivisão possível das macro-estratégias de tradução foi apresentada por Venuti (2001): domesticação e “estrangeirização”. A domesticação é empregue para ultrapassar diferenças culturais e atingir a compreensão em linha com a abordagem hermenêutica que se foca na interpretação e dá ao tradutor o direito de manipular o texto de forma a torná-lo natural, compreensível e fácil de ler, uma abordagem na qual o texto de partida sofre adaptação de forma a ser recriado para se adequar às convenções linguísticas e culturais da língua de chegada, e cumprir o propósito da tradução, *i.e.* o *skopos*. A “estrangeirização” é descrita como uma pressão etno-desviante sobre os valores culturais da cultura de chegada para registar a diferença linguística e cultural do texto estrangeiro, enviando o leitor de chegada para fora do seu país. A tradução técnica é fundamentalmente domesticação: com a função de apoiar a investigação científica, a negociação geopolítica e as trocas económicas, é constrangida pelas exigências de comunicação e, por isso, traduz os textos estrangeiros para terminologias e dialetos padrão para garantir inteligibilidade imediata.



Baker (1992) estabeleceu uma taxonomia de procedimentos de tradução com oito níveis, apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Taxonomia de estratégias de tradução segundo Baker (1992).

Procedimento	Descrição
Tradução por uma palavra mais geral	Estratégia muito usada para lidar com problemas de não-equivalência, resulta adequada em muitas, se não todas, as línguas porque no campo semântico o significado não depende da língua.
Tradução por uma palavra mais neutra/menos expressiva	Estratégia usada quando o significado expressivo da palavra não tem um equivalente adequado na língua de chegada.
Tradução por substituição cultural	Substituir um item ou expressão culturalmente específico por um item da língua de chegada considerando o seu impacto no leitor de chegada.
Tradução usando uma palavra de empréstimo com ou sem explicação	Usada quando se lida com itens específicos de uma cultura, conceitos modernos e jargão ( <i>buzz words</i> ).
Tradução por paráfrase usando uma palavra relacionada	Usada quando o item na língua de partida é lexicalizado na língua de chegada de forma diferente ou quando a repetição faz perder naturalidade na língua de chegada
Tradução por paráfrase usando uma palavra não relacionada	Quando o conceito da língua de partida não está lexicalizado na língua de chegada.
Tradução por omissão	Apesar de ser uma opção drástica, pode ser útil a omissão de partes ou explicações, desde que não comprometa a compreensão do sentido do texto traduzido.
Tradução por ilustração	Quando o equivalente na língua de chegada não cobre alguns aspetos do item na língua de partida e se refere a uma entidade física que possa ser ilustrada.

Uma descrição mais abrangente dos procedimentos de tradução utilizados para textos científicos e técnicos é apresentada abaixo (Vinay e Darbelnet, 1958; Catford, 1965; Newmark, 1988; Baker, 1992; Vinay e Darbelnet 1995; Klaudy, 2003; Klaudy, 2005; Bánhegyi, 2012; Byrne, 2012):

### 1. Tradução direta (Vinay e Darbelnet, 1958, 1995):

A tradução direta envolve estratégias relativamente simples que requerem menor intervenção pelo tradutor e menor desvio em relação ao texto de partida. São exemplos a tradução literal, o empréstimo e o calque.

**Tradução literal**, frequentemente confundida com tradução palavra por palavra, embora possa envolver grupo por grupo ou oração por oração quando a língua de chegada tem regras gramaticais diferentes das da língua de partida. A tradução literal envolve a produção de um texto de chegada que reflete o conteúdo e as características do texto de partida

tanto quanto possível e diferenciando-se apenas quando necessário para produzir um texto gramaticalmente correto e inteligível. Apesar de ser uma estratégia muito utilizada em textos técnicos e científicos, não é de toda a estratégia mais importante para estes textos.

**Empréstimo**, que consiste na transferência de um elemento lexical da língua de partida para a língua de chegada sofrendo apenas, quando necessário, uma transliteração que contemple diferentes sistemas de escrita ou de caracteres.

**Calque**, que é semelhante ao empréstimo mas envolve a transliteração de partes da palavra ou frase da língua de partida para criar um termo novo ou neologismo na língua de chegada.

**Transferência/empréstimo**, transferência de uma palavra da língua de partida para a língua de chegada, o que pode ser feito por a língua de chegada não ter uma correspondência lexicalizada ou por razões estilísticas ou retóricas.

**Naturalização**, adaptação da palavra do texto de partida primeiro para uma pronúncia normal na língua de chegada e seguidamente para uma morfologia normal.

**Combinação**, ocorre quando o tradutor combina duas estratégias diferentes.

## 2. **Tradução oblíqua** (Vinay e Darbelnet, 1958, 1995):

A tradução oblíqua envolve abordagens menos simples do que a tradução direta, de forma a produzir-se uma tradução adequada. É utilizada quando a tradução direta produziria um texto de chegada inaceitável do ponto de vista de significado, de estrutura, idiomático ou estilístico.

**Equivalência**, tal como definida por Vinay e Darbelnet (1995) significa “reproduzir a mesma situação existente no texto de partida, mas usando palavras completamente diferentes”. Esta estratégia é usada quando a tradução direta resulta num texto que perde significado ou impacto, ou que perde em termos idiomáticos ou de fluidez em comparação com textos originais da língua de chegada. Um exemplo de utilização verifica-se na

tradução de expressões fixas, fórmulas idiomáticas ou provérbios. A equivalência pode subdividir-se nas seguintes classificações:

- cultural, implica substituir uma palavra com interpretações culturais na língua de partida por outra palavra com interpretações culturais na língua de chegada
- funcional, requer o uso de uma palavra neutra do ponto de vista cultural
- descritiva, implica a explicação de termos culturais em várias palavras.
- (quase) sinonímia, consiste no uso de um equivalente próximo na língua de chegada de uma palavra da língua de partida, é usada quando não existe um equivalente adequado, quando não é possível a tradução literal e a palavra não é importante no texto.
- redução/expansão: dependendo do tema e do conhecimento do leitor, pode ser necessário introduzir explicações ou retirar detalhes de forma a ir ao encontro das expectativas do público alvo da tradução. Os textos técnicos, são explanatórios por natureza e apresentam menos informação em mais palavras em comparação com os textos científicos. A expansão (também chamada explicitação) pode ser usada na tradução de textos que incluam jargões técnicos, compreensíveis para o público da língua de partida mas não para o público de chegada. A redução ou contração usa-se essencialmente pelas mesmas razões que a expansão com o objetivo de adaptar o texto de chegada às expectativas e grau de conhecimento do leitor do texto traduzido.
- paráfrase, neste procedimento é explicado o significado do termo cultural, de forma mais completa do que na equivalência descritiva.
- compensação, utiliza-se quando certos elementos do texto não podem ser recriados no texto de chegada, mas podem ser adicionados num trecho diferente, compensando a falha. A compensação pode ser “de género”, “de local”, “de partição” ou “de fusão” (Harvey, 1998).
- Generalização e particularização, aplicam-se porque línguas, culturas, textos e leitores diferentes requerem geralmente graus diferentes de precisão e especificidade. Na generalização, a informação do texto de partida é transformada em informação menos detalhada no texto de

chegada, por exemplo, quando a língua de chegada não tem um termo específico (hipónimo) e é usado um termo mais geral (hiperónimo), desde que o termo específico não seja essencial para a compreensão. A particularização, ou especificação, é usada quando no texto de chegada é aplicado um termo mais específico do que o usado no texto de partida, justificando-se quando o termo genérico é muito abrangente, introduz ambiguidade ou conotação indesejada.

- Restruturação, implica a alteração da sequência da informação dada no texto; geralmente, a informação dada em textos técnicos segue uma sequência lógica e cronológica cuja compreensão é independente da cultura/língua, dependendo mais dos processo cognitivos, mas há situações em que as expetativas culturais ou as normas têm precedência e levam a uma reorganização da sequência de informação dada no texto (Ulijn, 1995).

Outros procedimentos indiretos (tradução oblíqua) são os ***translation shifts*** (alterações no texto de chegada quando comparado com o texto de partida), descritos por Catford (1965):

**Transposição/recategorização**, é o processo de substituir uma palavra de uma determinada classe ou tipo por outra palavra de outra classe ou tipo sem alterar o significado. Por exemplo, a língua de partida pode ter um nome para um determinado objeto e este não existir na língua de chegada, sendo necessário recorrer a uma descrição. Outros exemplos são a nominalização, a passagem de voz passiva para voz ativa, a passagem da voz ativa para o imperativo (Byrne, 2012).

**Modulação**, alteração da forma da informação apresentando-a de outro ponto de vista, como, por exemplo, alterar uma frase de negativa para positiva, ou substituir o conceito de parte pelo todo (ou o contrário).

**Análise de componentes**, implica a comparação de uma palavra na língua de partida com outra palavra na língua de chegada que tenha um significado semelhante mas que não é um equivalente óbvio, demonstrando primeiro os componentes de sentido comuns e em seguida os componentes de sentido diferentes.

Além destes procedimentos de tradução há também a tradução reconhecida em que o tradutor usa uma tradução reconhecida oficialmente por uma dada instituição ou é geralmente usada pela mesma; e a tradução “rótulo” que é uma tradução provisória, geralmente de um termo institucional, ainda não reconhecido pela comunidade e que deve ser apresentada entre aspas. Em alguns casos, o tradutor pode também recorrer a notas, rodapés ou glossários para fornecer informação adicional.

Finalmente a **adaptação**, é uma estratégia de tradução descrita por Vinay e Darbelnet (1995) como “o limite extremo da tradução”, faz uso de três procedimentos básicos, substituição cultural, paráfrase e omissão e é usada quando o texto de partida descreve uma situação ou conceito que não existe na cultura de chegada ou que tem outras conotações ou relevância para o leitor do texto de chegada.

### **3.5 As ferramentas de apoio à tradução científica e técnica**

Enquanto a tradução teve sempre um papel primordial na disseminação e no desenvolvimento do conhecimento científico e técnico, também é verdade que a ciência e a técnica tiveram um grande impacto nas práticas de tradução. A tradução sofreu uma verdadeira metamorfose com o advento dos computadores e da *Internet*, requerendo dos tradutores a adoção de novas tecnologias e de novas práticas no seu trabalho diário. Desde o início do novo milénio, a tradução é uma atividade baseada no uso de ferramentas informáticas (Austermühl, 2001), o que afeta não só o tipo de trabalho mas também a forma como é feito, sendo estes impactos sentidos especialmente na tradução técnica e científica. De facto, a tradução em computador com recurso a memórias de tradução e bases de dados de terminologia é especialmente adequada à tradução científica e técnica, devido à importância da consistência terminológica, ao uso de fórmulas consagradas e à natureza altamente repetitiva deste tipo de textos. Para muitos tradutores, o conhecimento de ferramentas de processamento de texto é o suficiente para o seu trabalho de todos os dias, no entanto, no caso dos tradutores científicos e técnicos, a maior parte do trabalho é realizado com recurso às chamadas

ferramentas de tradução (*translation tools*). Este tipo de ferramentas inclui as memórias de tradução, que são sistemas de armazenamento de traduções feitas previamente, as bases de dados terminológicas e os *corpora* electrónicos.

A capacidade de o tradutor utilizar todas as potencialidades dos recursos existentes na *Internet* é um fator crítico, tanto para a qualidade como para a rapidez do processo de tradução (Vesler, 2013). O uso de ferramentas de tradução clássicas, como o dicionário, requer do tradutor apenas um conhecimento básico do alfabeto da língua de partida, enquanto que a pesquisa utilizando as novas ferramentas *online* requer competências muito mais sofisticadas para compilar, refinar e tratar os resultados de pesquisa. Em relação aos dicionários, estas novas ferramentas têm a grande vantagem de permitir pesquisar os contextos em que surgem os termos pesquisados (Vesler, 2013). Ao contrário dos dicionários como fonte de terminologia na língua de chegada, um motor de busca de textos responde à questão de pesquisa com documentos reais, isto é, amostras do uso real de um dado termo num contexto relevante, que é exatamente o que um tradutor pretende (Vesler, 2013).

Algumas das ferramentas atualmente utilizadas em trabalho terminológico são descritas no Capítulo 4, pelo que não serão abordadas aqui.

Os *softwares* de tradução, como, por exemplo, o *memoQ* ou o *SDLTrados*, oferecem uma série de funções que permitem a reutilização de traduções prévias recorrendo a memórias de tradução e *corpora*, bem como ao tratamento estatístico de resultados de traduções prévias. Estas funções permitem o controlo da qualidade da tradução, verificação da consistência e o uso de terminologia mais correta. Uma memória de tradução é uma base de dados informática que armazena os chamados “segmentos” (frases, parágrafos ou outros elementos de texto como títulos, cabeçalhos, listas, etc), previamente traduzidos, de uma forma alinhada ou em pares, isto é, o texto/segmento de partida e o seu correspondente na língua de chegada, em pares a que se dá o nome de “unidades de tradução”. Estas funções são especialmente úteis no caso de segmentos de texto repetidos, o que sucede frequentemente em textos técnicos e científicos. Sem o uso de memórias de tradução, o tradutor teria que estar repetidamente a traduzir as

mesmas frases (ou frases semelhantes). Com o uso de uma memória de tradução todos os segmentos já traduzidos são armazenados para futura utilização de forma a que a mesma frase não precise de ser traduzida duas ou mais vezes. A maior vantagem das memórias de tradução é, portanto, permitirem tirar vantagem de repetições no texto e conferir coesão e coerência ao texto na sua totalidade.

Ao utilizar-se um *software* de tradução, quando se abre um documento para o traduzir, o programa divide o texto de partida em segmentos, procura correspondências entre segmentos do texto de partida e segmentos de outros textos previamente traduzidos guardados na base de dados e apresenta esses segmentos recuperados como propostas de tradução. O tradutor poderá aceitar essa proposta, substituí-la por uma tradução nova, ou modificá-la para corresponder exatamente ao segmento do texto de partida. A memória de tradução pode recuperar vários graus de correspondência:

- 1) Correspondências exatas ou a 100% (*100% matches*): quando a correspondência entre o segmento de partida e o segmento de chegada é total, o que significa que esse segmento já terá sido traduzido anteriormente.
- 2) Correspondências parciais (*fuzzy matches*): quando o segmento recuperado é semelhante ao segmento de partida mas não exatamente. Alguns *softwares* de tradução atribuem valor percentual à correspondência e nesse caso uma correspondência parcial significa uma percentagem superior a 0% e inferior a 100%. Estes segmentos são apresentados ao tradutor com as diferenças assinaladas.
- 3) Sem correspondência: significa que é um segmento completamente novo, a ser traduzido inteiramente pelo tradutor (*human translation*). Estes novos segmentos traduzidos são armazenados na base de dados (memória de tradução) podendo ser utilizados para outras ocorrências no mesmo texto ou para futuras traduções.

As memórias de tradução resultam melhor em textos muito repetitivos como, por exemplo, instruções técnicas. Também são úteis no caso de modificações

incrementais num texto previamente traduzido, correspondendo, por exemplo, a pequenas alterações numa nova versão de um manual de utilizador.

Para além da redução da carga de trabalho e do tempo envolvido na tradução, os benefícios das memórias de tradução incluem:

- garantia de que o texto é traduzido de forma completa, já que as memórias de tradução não aceitam segmentos de chegada vazios.
- garantia de que os documentos traduzidos são consistentes em termos de definições, fraseologia e terminologia.

As maiores desvantagens destes *softwares* estão relacionadas com o facto de a tradução ser realizada segmento a segmento, o que contraria o princípio de que o tradutor deve traduzir a mensagem do texto e não apenas as suas frases. Por outro lado, a qualidade do texto armazenado em memória não é garantida, pelo que, se a tradução de um dado segmento estiver incorreta, há possibilidade de que venha a ser utilizada em traduções futuras. Por fim, o tradutor tem menos propensão a construir as frases de início se lhe forem apresentados segmentos parcialmente traduzidos (*fuzzy matches*), o que pode resultar na alteração de sequência dos elementos lógicos numa frase.

### **3.6 As competências do tradutor científico e técnico**

Apesar de ser menos “visível” do que outros tipos de tradução, como a tradução literária, a tradução técnica e científica corresponde ao maior volume das traduções totais realizadas a nível mundial (Kingscott, 2002; UNESCO, 2009; Byrne, 2012), o que evidencia a importância do trabalho dos tradutores científicos e técnicos. As traduções científicas e técnicas são feitas por tradutores especializados ou tradutores especialistas; Durão (2007) refere o tradutor especializado como um tradutor cuja formação superior tenha incidido sobre a tradução de uma área de especialidade (por exemplo, científica ou técnica); a autora refere o tradutor especialista como um indivíduo cuja formação superior tenha incidido, simultaneamente, sobre a tradução e sobre uma ou mais áreas de especialidade adicionais (científicas, técnicas ou outras).



Independentemente da sua especialização, os tradutores científicos e técnicos devem não só compreender a ciência e a técnica que traduzem, como também ter um conhecimento profundo das línguas de partida e de chegada. Segundo Baker (1992):

“If translation is ever to become a profession in the full sense of the word, translators will need something other than the current mixture of intuition and practice to enable them to reflect on what they do and how they do it. They will need, above all, to acquire a sound knowledge of the raw material with which they work: to understand what language is and how it comes to function for their users”.

Para além das competências linguísticas e da área de especialidade, as traduções científicas, e especialmente as traduções técnicas, requerem uma utilização experiente de ferramentas de tradução. Beeby *et al.*, (2003) definem a competência de tradução como a capacidade de levar a cabo o processo de transferência do texto de partida até à produção do texto de chegada na função das necessidades do recetor e o propósito da tradução. O modelo de competências de tradução PACTE (Process of Acquisition of Translation Competence and Evaluation) descrito por Beeby *et al.* (2003), inclui as 6 subcompetências seguintes:

- 1) Subcompetência bilinguística: é necessário conhecimento procedimental para comunicar em duas línguas; este conhecimento inclui a capacidade de controlar as inferências da linguagem. Os problemas de tradução nesta categoria são sociolinguísticos, pragmáticos, textuais, gramaticais e lexicais. Algumas das estratégias requeridas para os resolver incluem a diferenciação e a identificação de convenções sociolinguísticas, estruturas textuais e registos de língua.
- 2) Subcompetência extralinguística: esta subcompetência refere-se ao conhecimento declarativo sobre o mundo em geral e em áreas de especialidade. Cobre o conhecimento enciclopédico das duas culturas e do tema. Para resolver os problemas de tradução relacionados, o tradutor

recorre ao uso de capacidade cognitiva para gerir o conhecimento e o uso adequado de fontes de documentação.

- 3) Conhecimento sobre tradução: envolve conhecimento declarativo, tanto implícito como explícito, sobre o que é tradução e o que se espera que o tradutor faça. Inclui o conhecimento sobre o funcionamento da tradução: unidades de tradução, processos, métodos e tipos de problemas de tradução. A falta deste conhecimento resulta numa larga variedade de problemas: de-verbalização, re-expressão, escolha do método de tradução, etc.
- 4) Subcompetência instrumental: conhecimento procedimental relacionado com a prática profissional: gestão de fontes documentais, ICT (Information and Communications Technology) aplicada à tradução, o mercado de trabalho, prática profissional.
- 5) Componentes psicofisiológicos: o modelo PACTE considera estes componentes como fazendo parte do conhecimento de especialista. Incluem diferentes tipos de componentes cognitivos e atitudinais e mecanismos psicomotores: memória, perceção, gama de atenção, criatividade, capacidade de raciocínio lógico, análise, síntese e emoção; aspetos atitudinais, como curiosidade intelectual, motivação, perseverança, rigor, disciplina, espírito crítico, confiança nas próprias capacidades e conhecimento das limitações pessoais.
- 6) Subcompetência estratégica: intervém no planeamento do processo de tradução, avaliando-o, e ativando as diferentes subcompetências. A subcompetência estratégica compensa deficiências em outras subcompetências, identifica problemas de tradução e aplica procedimentos para os resolver. Por estas razões, dentro do modelo PACTE, esta subcompetência é a mais importante.

Nefedova e Remkhe (2014) evidenciaram padrões repetitivos nos processos mentais do tradutor, tais como enquadramento do conhecimento com base no contexto e a reconstituição de estruturas de conhecimento mentais (*frames*) de carácter linguístico e não linguístico. Visto que as estruturas de conhecimento mentais acumulam conhecimento de origem linguística e não-linguística, as

autoras referem a questão de uma competência de tradução técnica que se aproxima do conhecimento especializado do tema.



# **Capítulo 4**

## **A terminologia**



## **4 A terminologia**

Entende-se por terminologia o ramo multidisciplinar da linguística aplicada que estuda os conceitos e a sua representação em línguas da especialidade. Por outro lado, a palavra “terminologia” também é usada para designar o conjunto dos termos especializados próprios de uma ciência, de uma técnica, de um autor ou de um grupo social determinado. É importante distinguir palavras de termos, uma vez que o trabalho terminológico não é elaborar um inventário de palavras, atividade que cabe ao lexicógrafo que elabora dicionários da língua comum. O terminólogo dedica-se à elaboração de vocabulários especializados, relacionando os conceitos com as suas designações respetivas num determinado campo de especialização.

### **4.1 Surgimento da Terminologia**

A terminologia, disciplina que, como se disse acima, se dedica ao estudo e compilação de termos especializados, não é um novo campo de estudo, mas apenas nos anos mais recentes foi desenvolvida de uma forma sistemática que tem em consideração os seus princípios, bases e metodologias. Este ramo do conhecimento, tal como o conhecemos hoje, começou a tomar forma nos anos 1930 e apenas recentemente evoluiu para uma abordagem verdadeiramente científica (Cabré, 1999). Durante a expansão do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico que tiveram lugar simultaneamente no Séc. XVIII, a terminologia foi encarada como uma ferramenta necessária para ultrapassar algumas dificuldades associadas com estes múltiplos desenvolvimentos. Devido à crescente internacionalização do conhecimento científico que se iniciou no Séc. XIX, tornou-se evidente a necessidade de os cientistas disporem de um conjunto de regras para a formulação de termos para as suas disciplinas de estudo. Assim, os primeiros “terminólogos” dos Séc. XVIII e XIX foram cientistas, tendo os engenheiros iniciado a sua participação nesta área no Séc. XX. Por exemplo, o austríaco E. Würster (1898-1977), considerado o fundador da terminologia moderna e o principal representante do que se chama “Escola de Viena”, veio da

área das engenharias, assim como o russo D.S. Lotte (1889-1950), fundador da “Escola Soviética de Terminologia”. O envolvimento dos linguistas na terminologia apenas se verificou a partir de meados do Séc. XX.

## **4.2 Desenvolvimento da Terminologia**

Inicialmente, de acordo com os primeiros trabalhos de Würster, na década de 1930s, a terminologia moderna era considerada uma ferramenta que devia ser usada da forma mais eficaz possível para eliminar a ambiguidade nas comunicações científicas e técnicas. Na chamada era “pós-industrial”, em que vivemos atualmente, há duas áreas principais nas quais são óbvias as alterações culturais, em relação aos modelos societários anteriores (Cabré, 1999): 1) o desenvolvimento crescente da componente tecnológica da sociedade; e 2) o valor associado à informação. Estas mudanças, bem como outras que lhes estão associadas, tiveram efeitos significativos nas línguas e na comunicação interpessoal e criaram a necessidade de novos produtos linguísticos, de novos profissionais no campo das línguas e de novas formas de organizar a comunicação. Com a maior disseminação da comunicação escrita, foram desenvolvidas regras de “utilização correta” e nasceu o conceito de “língua padrão” ou “língua normalizada”. Este conceito concorreu para o processo de consolidação das línguas dominantes, principalmente nas áreas científica e tecnológica (Montgomery, 2004). O processo de normalização de uma língua deve respeitar as idiossincrasias formais e culturais de cada língua, mas ao mesmo tempo deve permitir a criação de uma comunidade linguística que se torne parte de grupos mais alargados e não forçá-la a fechar-se sobre si própria o que levaria a um grave isolamento intelectual (Montgomery, 2004). As linguagens especializadas e a sua componente principal, a terminologia, são uma das áreas mais importantes para a normalização de uma língua.

Na literatura podem identificar-se quatro fases básicas no desenvolvimento da terminologia moderna (Auger, 1988):



- as origens (1930-1960): período de desenvolvimento inicial caracterizado pela conceção de métodos para a formação sistematizada de termos.
- a estruturação (1960-1975): período caracterizado pelo desenvolvimento de computadores centralizados (*main-frame*) e pelo desenvolvimento de técnicas de documentação, resultando no aparecimento das primeiras bases de dados terminológicas.
- a explosão (1975-1985): período marcado pela proliferação de projetos de planeamento linguístico e de terminologia e que salientou a importância da terminologia na modernização das línguas.
- a expansão (1985-presente): período caracterizado, por um lado, pela proliferação dos computadores pessoais, os quais são um dos fatores mais importantes na evolução da terminologia e, por outro lado, pelo surgimento das chamadas indústrias da língua, nas quais a terminologia ocupa uma posição privilegiada. É de assinalar também o desenvolvimento na cooperação internacional que tem tido lugar neste último período e, na Europa, a importância das políticas linguísticas associadas à formação da União Europeia.

Na Figura 4.1, que ilustra a atividade de publicação na área da terminologia, pode ver-se que o interesse pelo tema tem tido um crescimento marcado nas últimas 5 décadas.

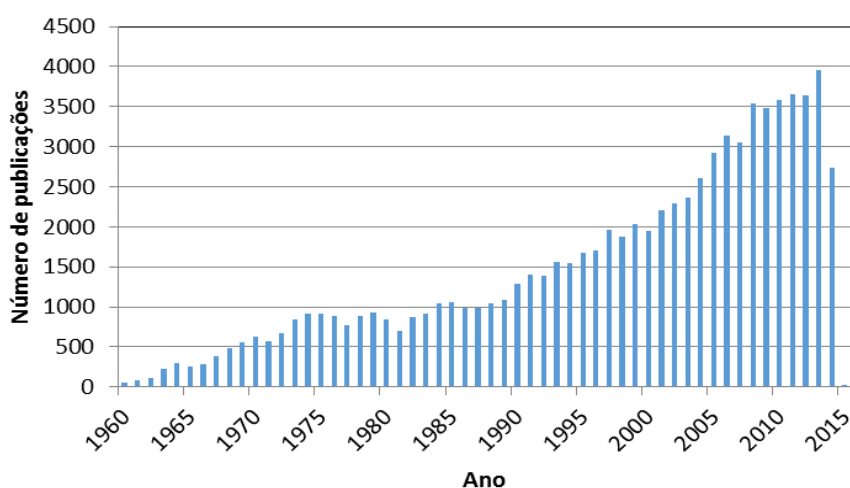


Figura 4.1 - Evolução do número de publicações na área da terminologia (dados da base bibliográfica Scopus<sup>11</sup> em dezembro de 2014).

<sup>11</sup> <http://www.scopus.com>

### 4.3 Escolas de Terminologia

O interesse sistemático na terminologia surgiu simultaneamente em três países da Europa: Áustria, República Checa e Rússia. De acordo com Auger (1988), podem identificar-se três orientações principais no processamento terminológico definidas pelos seus objetivos principais:

- a) Terminologia adaptada ao sistema linguístico – esta abordagem considera a terminologia como um meio de expressão e de comunicação, e deu forma às bases teóricas da terminologia e às metodologias que regem a sua aplicação.
- b) Terminologia orientada para a tradução – como suporte à tradução, esta orientação da terminologia está altamente desenvolvida em países ou regiões bilingues ou multilingues e representa também uma das maiores motivações para a criação de bases de dados terminológicos. Esta orientação estabelece equivalentes terminológicos nas várias línguas, que são usados como pontos de referência por tradutores e que contribuem para a qualidade dos textos traduzidos.
- c) Terminologia orientada para o planeamento – originalmente esta orientação estava ligada à introdução de políticas de suporte de uso de línguas minoritárias inseridas em áreas sociolinguísticas maiores. O princípio subjacente a esta orientação é que o uso de uma língua instável pode mudar com uma intervenção sistemática e estratégica levada a cabo por organismos oficiais. Para atingir a mudança pretendida, a língua em questão deve possuir uma terminologia atualizada e coerente que assegure a comunicação profissional em todas as áreas. O objetivo é o de substituir a terminologia importada das línguas faladas em países dominantes do ponto de vista tecnológico, fomentando a formação de palavras e termos na língua nativa.

As três escolas de terminologia citadas acima enquadram-se na primeira abordagem. Na sua tese de doutoramento, E. Würster (1898-1977), considerado o fundador da terminologia moderna, propôs um conjunto de metodologias para o

trabalho terminológico as quais foram seguidas pela chamada Escola de Terminologia de Viena. Esta escola desenvolveu um conjunto sistemático de princípios e métodos que constituem a base de muito do trabalho teórico e da prática modernos. A sua característica mais saliente é o facto de se focar nos conceitos (onomasiologia) e de orientar o trabalho terminológico para a normalização de termos e de conceitos. Esta escola surgiu da necessidade de os técnicos e cientistas normalizarem a terminologia das suas áreas de trabalho de forma a assegurar eficiente comunicação e transferência de conhecimento entre especialistas. Assim, os próprios especialistas de cada área de conhecimento são os responsáveis pelas terminologias especializadas. Como exemplo desta orientação e da importância da terminologia para o desenvolvimento e comunicação científicos, veja-se o recente trabalho de Hällfors *et al.* (2014) sobre os termos usados no âmbito do estudo dos efeitos das alterações climáticas.

A Escola Checa resultou de uma abordagem linguística funcionalista e foca-se quase exclusivamente na descrição funcional e estrutural de línguas especiais, nas quais a terminologia tem um papel importante.

A Escola Russa centra-se principalmente na normalização de conceitos e de termos, à luz dos problemas ligados com o multilinguismo existente na antiga URSS.

#### **4.4 Princípios da Terminologia (clássica)**

A terminologia clássica (Escola de Viena) reclama como pilares básicos os cinco princípios seguintes:

a) Primeiro princípio: a perspetiva onomasiológica

A abordagem onomasiológica da Escola de Viena parte do conceito como parte do mundo real, além da língua, e define idealmente os conceitos por colocação num sistema conceptual antes de serem designados por termos. Esta aproximação conceptual resume-se na redução da conceptualização a uma atividade mental que pode ocorrer independentemente da língua. Em contraste com este princípio, Temmerman (2000) propõe que a

língua metafórica e os modelos metafóricos ligam o sistema linguístico ao mundo da experiência e ao funcionamento da mente. Segundo a autora, uma das funções dos modelos metafóricos é facilitar o pensamento e expandir a compreensão do mundo que pode ser expressa pela linguagem. A este respeito veja-se, como um exemplo, a polémica sobre o uso de metáforas na linguagem científica publicada recentemente na revista *Nature* (Pauwells, 2013; Loettgers, 2013).

b) Segundo princípio: os conceitos são inequívocos (não ambíguos)

Os conceitos não devem ser estudados isoladamente, mas sim como elementos de um sistema conceptual que pode ser concebido com base no estudo das características desses mesmos conceitos, o que evidencia as relações existentes entre eles. Os conceitos são representações mentais de objetos individuais e as características são elementos dos conceitos que servem para descrever ou identificar uma determinada qualidade de um objeto individual. Segundo a norma ISO 1087-1, uma característica é usada para delimitar um conceito e é a representação mental de uma propriedade de um objeto ou de um conjunto de objetos e não apenas de um objeto individual. A terminologia clássica defende que um campo temático ou um subcampo só está mentalmente acessível se o campo de conceitos estiver estruturado num sistema conceptual em que um conceito individual evidencia as suas ligações diretas com outros conceitos. A colocação de um conceito num sistema conceptual implica delinear claramente o conceito, para o que é utilizada a comparação de características. As relações entre conceitos podem ser: 1) lógicas; 2) ontológicas; e 3) de efeito.

c) Terceiro princípio: os conceitos devem ser definidos por uma definição tradicional

Para a Escola de Viena, existem três tipos básicos de definições:

- i) Por compreensão – consiste na especificação das características do conceito a ser definido, isto é, a descrição da intensão do conceito (Ferber, 1984). Segundo a Norma ISO/TC 37/SCI/CD 704.2N 133 95 EN (*in* Cabré, 1999), a definição por compreensão deve estabelecer

o conceito superordenado e listar todas as características diferenciadoras, de forma a posicionar o conceito a ser definido no seu sistema conceptual e delimitá-lo de outros conceitos do mesmo sistema.

- ii) Por extensão – consiste na enumeração de todas as espécies que estejam no mesmo nível de abstração ou de todos os objetos individuais que pertençam ao mesmo conceito definido (Ferber, 1984), ou seja, na listagem da extensão do conceito (ISO/TC 37/SCI/CD 704.2N 133 95 EN, *in* Cabré, 1999).
- iii) Parte-todo – consiste na descrição da colocação de objetos individuais evidenciando as suas relações partitivas. Pode respeitar ao compósito, caso em que as partes constituintes são enumeradas, ou pode respeitar a uma parte, caso em que deve ser indicada a relação do objeto individual subordinado com o compósito e com as partes próximas.

Segundo o comité técnico ISO/TC 37, as definições por compreensão são preferíveis a qualquer outra forma de descrição de conceitos, pois são mais sistemáticas. No entanto, a terminologia tradicional também admite que nem toda a terminologia pode ser definida por uma definição de um dos três tipos descritos e reconhece a necessidade de explicações, isto é, definições que não expressam a posição de um conceito num sistema conceptual (Temmerman, 2000).

d) Quarto princípio: a univocidade

Segundo a escola tradicional de terminologia (Viena), um termo (designação) é atribuído permanentemente a um conceito, quer por uso linguístico, quer por indivíduos ou especialistas de comissões de terminologia. Na linguística, o conteúdo da palavra e a própria palavra formam uma unidade enquanto que na terminologia o conceito e a sua designação são distintos e formam uma unidade terminológica. A atribuição permanente, considerada essencial para a comunicação, baseia-se na univocidade, o que significa que cada conceito deve ser designado por apenas um termo e que cada termo se deve referir a apenas um conceito,

eliminando-se a polissemia e a sinonímia. Esta atribuição permanente de termos a conceitos está estreitamente relacionada com a normalização, a qual, segundo Würster (*in* Cabré, 1999), tem o fim de unificar conceitos e sistemas conceptuais, de definir conceitos, de reduzir a homonímia, eliminar a sinonímia e de criar (quando necessário) novos termos respeitando os princípios terminológicos.

e) Quinto princípio: sincronia

A terminologia tradicional não estuda o desenvolvimento da língua e a sua evolução, porque a sua ênfase principal é colocada no sistema conceptual que é considerado a base das línguas especiais.

Nas Figuras 4.2 e 4.4 apresentam-se exemplos de mapa conceptual e de ficha terminológica, que são representativos das duas áreas mais importante da terminologia clássica (a conceptualização e a designação de conceitos).

A terminologia, segundo a tradição da Escola de Viena, tem como objeto de estudo o vocabulário das línguas especiais e tem como objetivo a normalização da terminologia, objetivo esse que se reflete nos seus princípios e metodologias. No entanto, a terceira condição para que a terminologia seja considerada como uma disciplina científica, ou seja, a definição de conceitos básicos e a criação de um enquadramento teórico que sustente os seus princípios e metodologias com base na investigação empírica, ainda não foi atingida pela terminologia tradicional. Segundo Temmerman (2000), isto deve-se ao facto de a exigência de normalização ter prejudicado a investigação terminológica. Segundo a mesma autora, a terminologia clássica confunde os princípios com factos, os quais devem ser a base da investigação científica. Apesar de ter um objetivo bem definido, nomeadamente o de satisfazer as necessidades de expressão dos utilizadores da língua, os métodos de trabalho da terminologia são principalmente empíricos. Para que a terminologia seja considerada entre as ciências derivadas da linguística, a investigação teórica e o refinamento do processo de reconhecimento, análise e criação de termos devem ser melhorados (Dubuc, 1992).

A Tabela 4.1 apresenta um resumo dos cinco princípios mais importantes da terminologia clássica e um resumo da evidência retirada do estudo da terminologia de uma linguagem especializada (ciências da vida/bioquímica).

Tabela 4.1 - Resumo dos princípios da terminologia clássica (Viena) e algumas observações decorrentes do estudo da terminologia da área das ciências da vida/bioquímica (Temmerman, 2000).

Princípios da terminologia clássica	Observações de Temmerman (2000) na área da terminologia das ciências da vida/bioquímica
A terminologia começa nos conceitos sem considerar a linguagem	A língua tem um papel na conceção e na comunicação de categorias
Os conceitos são claramente definidos e podem ser situados num sistema conceptual estruturado logicamente e ontologicamente	Muitas categorias são difusas e não podem, de forma absoluta, ser classificadas por meios lógicos e ontológicos
Idealmente, um conceito é definido numa definição por compreensão	Nem sempre a definição por compreensão é desejável ou possível
Um conceito é representado por um único termo e um único termo representa um conceito	A polissemia, sinonímia e a linguagem figurativa ocorrem e são funcionais nas línguas especializadas
A relação conceito/termo é permanente	As categorias evoluem, o sentido dos termos altera-se e a compreensão desenvolve-se

#### 4.5 Metodologias da Terminologia (clássica)

Por questões de uniformização e partilha de dados, é importante seguir uma metodologia no trabalho terminológico. O trabalho no âmbito da terminologia clássica segue uma metodologia baseada nos princípios da terminologia resumidos anteriormente. Após o exame de textos especializados e investigação terminológica sobre os conceitos e os termos descritos em textos, é feita uma análise terminológica uninocional, criado um *dossier* terminológico para cada um dos conceitos descritos e é sintetizada a informação pertinente em fichas terminológicas ou em entradas de vocabulário. Assim, o processo segue as etapas descritas abaixo.

- a) **Organização do conhecimento por áreas de atividade** – esta organização, feita com o auxílio de árvores de áreas temáticas e de sistemas de classificação, procura satisfazer as necessidades dos utilizadores, refletindo continuamente a evolução do conhecimento especializado e o uso que dele fazem os especialistas. Por exemplo, o

sistema da base de dados TERMIUM Plus<sup>12</sup> utiliza 24 grandes áreas, cada uma delas subdividida em 10-12 áreas menores, as quais são ainda subdivididas em duas subáreas; a base de dados tem cerca de 1600 nós de classificação.

- b) **Recolha de termos, delimitação e registo (a partir de textos especializados - Corpora)** – a extração de termos de um *corpus* textual é uma análise que procura identificar termos e conceitos subjacentes, assim como informações acerca do emprego desses termos (por exemplo, usos privilegiados ou usos não autênticos e as fraseologias típicas, entre outros). Esta é uma etapa preliminar do estudo sistemático da terminologia de uma área temática, a qual pode ser realizada de forma manual ou automática (por exemplo, com ferramentas como o Nomino<sup>13</sup> ou o WordSmith Tools<sup>14</sup>).
- c) **Estabelecimento de sistemas conceptuais** – a terminologia está principalmente focada na relação entre os objetos do mundo real e os conceitos que os representam. Tal como se verifica na lógica, a terminologia usa um processo de abstração para generalizar a partir de vários objetos que existem no mundo real e chegar ao conceito ou classe de objetos. Para isso, elimina as características irrelevantes ou contingentes dos objetos individuais e retém apenas aquelas que são pertinentes para a caracterização da classe que representa a diversidade. Por outro lado, a terminologia também partilha com a lógica um interesse na forma como os conceitos se relacionam uns com os outros, bem como nos símbolos usados para representar essas relações. Por fim, a terminologia partilha com a ontologia o interesse na natureza das “coisas” do mundo real e nas relações estabelecidas nesse mundo. A ontologia lida com relações que não são baseadas na lógica. Ao contrário das relações lógicas, estas relações não se iniciam a partir da semelhança entre conceitos, mas sim a partir das suas situações no mundo real. Esta análise conceptual permite a utilização das características dos conceitos e as suas

---

<sup>12</sup> <http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng>

<sup>13</sup> Nomino Technologies



relações para a formulação de definições lógicas e precisas. Na Figura 4.2 apresenta-se um exemplo de um mapa conceptual referente ao tema “processos biológicos em ETAR”.

---

<sup>14</sup> <http://www.lexically.net/wordsmith/>

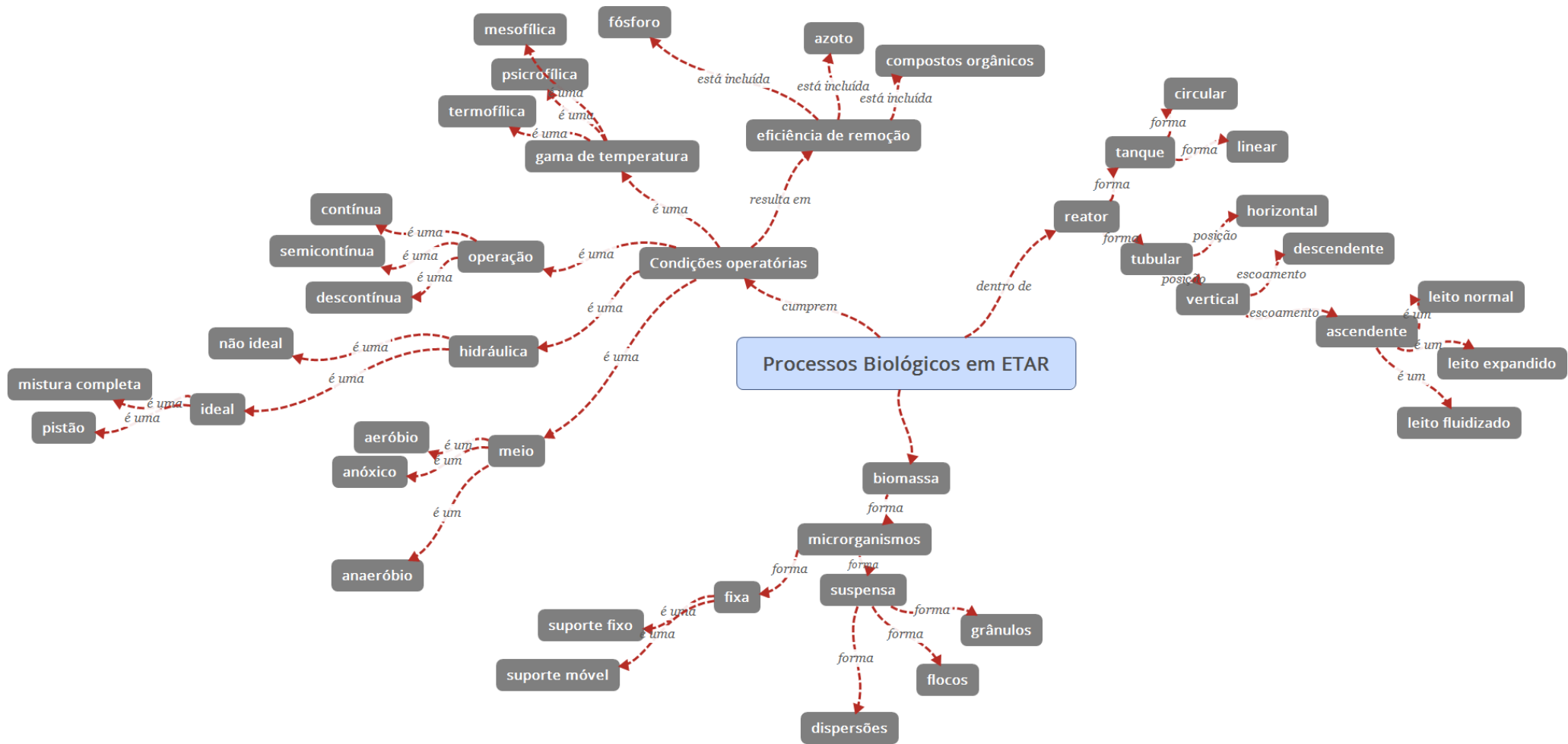


Figura 4.2 - Mapa conceitual na área dos “processos biológicos em ETAR”.

- d) **Definição de conceitos com base nas suas características/atributos** - toda a investigação terminológica é sustentada por um conjunto de informações sobre as características de um conceito e sobre as particularidades dos seus termos. Estas informações são geralmente sistematizadas num *dossier* terminológico, com provas textuais que dão fiabilidade à análise. O *dossier* terminológico é, por definição, uninocional, ou seja, trata de um só conceito, distinguindo-o dos demais conceitos da área em estudo. O *dossier* terminológico deve incluir: 1) elementos de análise conceptual, que informam sobre as características do conceito e sobre os seus traços semânticos, e que servem para o distinguir de outros conceitos conexos dentro de um sistema conceptual da área em estudo, sejam superordenados, subordinados, termos a incluir, inclusos ou associados; 2) elementos de análise terminológica, como termos, abreviações, variantes e informações textuais sobre o uso da terminologia em questão e ainda fontes que atestem os termos e o seu uso.
- e) **Formação e emprego de termos** – os neologismos são criados pelo surgimento de um novo conceito atribuído a um termo já existente (mudança semântica ou neologia de sentido) ou pela criação de novas combinações de elementos lexicais que já existem na língua para formar novas designações (neologia de forma). Em qualquer dos casos, o processo deve respeitar regras precisas (Alves, 1990; Loyson, 2009; Loyson, 2010).
- f) **Elaboração de produtos terminológicos** – todas as informações reunidas num *dossier* terminológico uninocional são analisadas, filtradas e consignadas em formato condensado de entrada de vocabulário (termos). Esta entrada de vocabulário pode figurar numa publicação (por exemplo, léxico ou vocabulário) ou pode ser registada numa ficha terminológica para inclusão numa base de dados. A ficha terminológica é um formulário em formato impresso ou eletrónico com espaços numerados ou etiquetados chamados campos. Nas fichas terminológicas são incluídas as informações do *dossier* terminológico que sejam verdadeiramente indispensáveis para a

descrição do conceito em questão. Os produtos terminológicos mais relevantes são os léxicos, vocabulários, glossários, bases de dados terminológicos e as normas terminológicas. Na Figura 4.3 consta informação sobre os elementos essenciais de uma ficha terminológica e na Figura 4.4 apresenta-se uma ficha terminológica da base de dados TERMIUM Plus.

**Elementos essenciais de uma ficha terminológica.**

- (1) Área temática a que pertence o conceito
- (2) Línguas tratadas
- (3) Os termos
- (4) As marcas de uso
- (5) Os suportes textuais

Figura 4.3 - Elementos de uma ficha terminológica

5. Subject Field(s) - Biotechnology 2011-01-17 Save Record 5	Domaine(s) - Biotechnologie 2011-01-17 Save Record 5	Campo(s) temático(s) - Biotecnología 2011-01-17 Save Record 5
<p><b>fluorescence in situ hybridization</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT</p> <p><b>FISH</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT</p> <p>fluorescent in situ hybridization <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT</p> <p><b>DEF</b> – A physical mapping approach that uses fluorescein tags to detect hybridization of probes with metaphase chromosomes and with the less- condensed somatic interphase chromatin. <a href="#">Source</a></p> <p><b>CONT</b> – Until recently, even the best chromosomal maps could be used to locate a DNA [deoxyribonucleic acid] fragment only to a region of about 10 Mb, the size of a typical band seen on a chromosome. Improvements in fluorescence in situ hybridization (FISH) methods allow orientation of DNA sequences that lie as close as 2 to 5 Mb. <a href="#">Source</a></p> <p><b>CONT</b> – Fluorescent in situ hybridization on interphase nuclei prepared from normal male fibroblast cultures gave a distance between D9S12 and D9S180 of about one Mb. <a href="#">Source</a></p>	<p><b>hybridation in situ en fluorescence</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p>hybridation en fluorescence in situ <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p>hybridation fluorescente <a href="#">Source</a></p> <p>FEM</p> <p><b>CONT</b> – Le développement des techniques d'hybridation in situ en fluorescence et la mise au point de systèmes d'imagerie dont les performances répondent aux exigences des cytogénétiiciens permettent aujourd'hui la mise en oeuvre de méthodes analytiques puissantes, clés de l'investigation efficace du génome et de ses anomalies. <a href="#">Source</a></p>	<p><b>hibridación in situ fluorescente</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p><b>FISH</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p>hibridación fluorescente in situ <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p><b>FISH</b> <a href="#">Source</a></p> <p>CORRECT, FEM</p> <p><b>DEF</b> – [Técnica] que utiliza sondas de ADN [ácido desoxirribonucleico] marcadas con fluorescencia para detectar o confirmar anomalías génicas o cromosómicas que generalmente están más allá del poder de resolución de la citogenética de rutina. <a href="#">Source</a></p> <p><b>CONT</b> – Fluorescence in situ hybridization (FISH) o hibridación fluorescente in situ es una técnica que combina citogenética clásica con biología molecular. Con esta asociación se logra obtener la información genética manteniendo la estructura de las células o tejidos estudiados. [...] FISH es una herramienta importante en investigación y se incrementa su uso en diagnóstico humano. [...] ejemplos de su aplicación [...]: genética pre y postnatal; diagnóstico, seguimiento y/o pronóstico en cáncer; determinaciones de anomalías en embriones de preimplantación; microbiología; radiobiología; medio ambiente y evolución. <a href="#">Source</a></p> <p><b>OBS</b> – FISH por su sigla en inglés. <a href="#">Source</a></p>

Figura 4.4 - Exemplo de uma ficha terminológica da base de dados TERMIUM Plus.

## 4.6 Os produtos terminológicos

Há diversos tipos e formatos de publicações de dados terminológicos em função das necessidades dos utilizadores. Os mais comuns são: 1) os léxicos (bilíngues ou multilíngues); 2) os glossários monolíngues; 3) os vocabulários; 4) as bases de dados terminológicas; 5) as normas terminológicas (ver ponto 2.6 Normalização Terminológica).

Uma base de dados terminológica é um conjunto de dados logicamente interligados a que se pode ter acesso por meio de programas informatizados e

que é utilizado para compartilhar terminologia com utilizadores que são geralmente autorizados. Exemplos de bases de dados terminológicos são a TERMIUM Plus (ver Figura 4.4) ou a IATE<sup>15</sup>.

#### 4.7 Ferramentas tecnológicas aplicadas em terminologia

Durante as últimas décadas, o computador tornou-se a principal ferramenta de acesso a conhecimentos especializados e o meio preferido para a transmissão de informação. A evolução das ciências computacionais é uma das principais forças subjacentes às mudanças na terminologia. Os terminólogos têm atualmente à sua disposição ferramentas e recursos cada vez mais bem adaptados às suas necessidades, mais adequados ao utilizador e mais eficazes. Segundo Würster (*in* Cabré, 1999), no que diz respeito às relações entre a terminologia e as ciências computacionais, estas são fundamentais para a terminologia, dadas as enormes possibilidades que oferecem para o armazenamento e recuperação de informação e para a ordenação de sistemas conceptuais. Em ligação com as ciências computacionais, as ciências da informação usam a terminologia para ordenar sistemas conceptuais que subsequentemente dão acesso a informação documental.

As ferramentas informatizadas são utilizadas durante o trabalho terminológico nas fases de: 1) pesquisa; 2) registo e gestão de informação; e 3) partilha/difusão. A seguir descrevem-se sumariamente as principais ferramentas de trabalho terminológico utilizadas na atualidade (resumido a partir de The Pavel Terminology Tutorial<sup>16</sup>).

- a) Busca documental – as bibliotecas informatizadas e bibliotecas eletrónicas disponibilizam cópias digitalizadas dos fundos bibliográficos, a partir de computadores ou outros dispositivos eletrónicos, permitindo que se faça a busca de arquivos *on-line*. Os grupos de discussão e os serviços de pesquisa *on-line* ou os bancos de dados permitem acesso variado a

---

<sup>15</sup><http://iate.europa.eu/>

<sup>16</sup> <http://www3.crtl.ca/www.bt-tb.tpsgc-pwgsc.gc.ca/btb-pavel36bb.html?page=tdm-toc&lang=eng&contlang=por>

- informação e a bases de dados das mais diversas áreas temáticas, com a obtenção de referências exatas, resumos, descritores ou textos completos.
- b) Registo de dados em fichas – estas ferramentas apoiam os terminólogos no registo dos dados de pesquisa terminológica na etapa de criação de fichas, atividade que deve ser normalizada visando otimizar os fluxos de trabalho. Estes programas permitem recompilar, armazenar, compartilhar, analisar e sintetizar as informações terminológicas, simplificando e acelerando o registo em fichas e a preparação de produtos terminológicos.
  - c) Pesquisa terminológica – a utilização de ferramentas de pesquisa terminológica, como as bases de dados e os bancos de dados ou ainda os motores de busca, permite melhor compreensão de conceitos e a avaliação da qualidade e atualidade de termos, bem como a comparação do número de ocorrências ou a pesquisa de equivalentes em outras línguas.
  - d) Gestão de dados terminológicos – estas ferramentas apoiam os terminólogos na criação e gestão de fichas terminológicas. São exemplos, o sistema de gestão TERMIUM Plus, que além de designar a base de dados terminológicos, designa também o programa utilizado para a sua gestão. Estes programas permitem agrupar, atualizar, eliminar, reclassificar, validar, consultar, analisar estatisticamente, etc, as fichas terminológicas de uma base de dados.
  - e) Extração de terminologia – é um meio eficaz para explorar documentos e construir bases de dados terminológicos a partir de determinados conteúdos. No caso de extratores automáticos estes necessitam geralmente de uma filtração/eliminação de unidades pseudo-terminológicas e podem também, através de funções de indexação, assistir no emparelhamento automático em fichas terminológicas.
  - f) *Corpora* textuais electrónicos – estas ferramentas permitem a extração de termos, o alinhamento de textos paralelos e estabelecimento facilitado de equivalência entre termos, a busca de fraseologias e concordâncias fraseológicas que podem ser registadas em fichas terminológicas e ainda, no caso de memórias de tradução, o aproveitamento de traduções feitas anteriormente para busca de termos ou conceitos.

- g) Publicação de terminologia – os formatos de intercâmbio terminológico são extremamente importantes para o processo de partilha de dados terminológicos. Os instrumentos informáticos de publicação e disseminação de terminologia permitem a criação e a publicação dos dados terminológicos segundo as regras de formatos estabelecidos.
- h) Localização e internacionalização – a atividade terminológica tem um papel essencial na internacionalização e na globalização de produtos e serviços. A localização é o processo de adaptar a comunicação a um grupo cultural particular. Trata-se de uma adaptação da terminologia às condições e requisitos de um público ou um grupo de utilizadores pertencentes a um local, entendido como a delimitação de uma área geográfica e à variedade particular da língua aí usada. No caso de *softwares*, define-se como o “processo de adaptar e de traduzir um programa de computador para uma outra língua de modo que seja conveniente linguística e culturalmente para um mercado particular” (Esselink, 1998). Por outro lado, a internacionalização é o processo de preparar uma comunicação de maneira a ser difundida em vários países e culturas, o que exige a criação de um modelo cultural e linguisticamente abstrato, no qual se possa integrar o conteúdo em diversas línguas. Em termos de *softwares*, a internacionalização consiste em conceber os *softwares* “de maneira a permitir a tradução em outras línguas sem a necessidade de os refazer ou reprogramar” (Esselink, 1998).

#### **4.8 Normalização terminológica**

A normalização é o processo de conseguir um acordo acerca das especificações técnicas ou de outros critérios precisos para utilizar de forma constante nas regras, princípios ou definições das características, a fim de assegurar que os materiais, produtos, serviços, processos e sistemas são interligados e funcionais. Ao nível internacional, a normalização “realiza-se por meio de acordos consensuais entre delegações nacionais que representam parcerias económicas - fornecedores, utilizadores, administradores públicos e representantes da

sociedade, como consumidores. Exigem-se características e critérios que sejam aplicados uniformemente na classificação dos materiais, na fabricação e distribuição de produtos, nas experiências e análises, na terminologia e na provisão de serviços. Assim, as normas internacionais oferecem um quadro de referência, ou uma linguagem tecnológica comum, entre produtores e clientes - de modo que se tornem fáceis as trocas e a transferência de tecnologias" (ISO). No campo da terminologia, a normalização tem como objetivo a uniformização de conceitos e sistemas de conceitos, definir conceitos, reduzir a homonímia, eliminar a sinonímia e, se necessário, criar novos termos com base nos princípios terminológicos. O objetivo principal da terminologia (clássica) é a normalização (em decorrência dos seus princípios e métodos).

Aplicada à terminologia (normas terminológicas), a normalização resulta de acordos por meio dos quais os termos técnicos são utilizados segundo uma norma que especifica as características que regem a compreensão desses mesmos termos. Uma norma terminológica, emitida por um comitê de normalização, é um documento oficial que reflete a seleção oficial e a validação de um ou vários termos e difunde, na comunidade de utilizadores, se aquele termo é o preferido para a utilização ou se é desaconselhado, sendo assim um instrumento de esclarecimento sobre a utilização uniforme das terminologias especializadas. O guia ISO/IEC Guide 2:1996 define uma norma como "um documento, criado por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, por meio de usos comuns e repetidos, regras, diretrizes ou características das atividades ou dos seus resultados, garantindo um nível excelente num dado contexto". A Norma ISO/TC:37/SC 1 CD 704.2 N 133 95 EN Terminology work – principles and methods, estabelece princípios e métodos básicos para preparar terminologias normalizadas, descrevendo as ligações entre objetos, conceitos e as suas representações, e inclui princípios gerais que regem a formação e a definição de termos.

Em terminologia existem as normas técnicas, que estabelecem as características e especificações de sistemas terminológicos, e as normas terminológicas, que especificam os termos em questão com as suas definições (especificações dos termos).



As normas terminológicas (especificações de vocabulário) podem classificar-se em dois grupos:

- Normas *de jure*: elaboradas por organismo de normalização/oficial, são produto de um processo aberto e organizado, baseado em regras oficiais.
- Normas de facto: elaboradas por empresas comerciais.

A aceitação de normas é, geralmente, voluntária. A normalização pode ser atingida por consenso (por exemplo, como é o caso das normas *de jure*), por voto (por exemplo, as normas emitidas por organismos internacionais de normalização) ou ainda por decreto (adoção de normas a nível nacional, por incorporação em códigos ou regulamentos, tornando-se obrigatórias).

Para além da normalização, existem também os processos de harmonização terminológica, que é o processo de alinhamento de termos e definições entre línguas ou variantes de uma mesma língua, e de oficialização, que consiste na escolha de um termo por um organismo oficial que confere a esse termo o estatuto de termo oficial.

Na Tabela 4.2 apresentam-se alguns dos mais importantes organismos internacionais de normalização.

Tabela 4.2 - Organismos internacionais de normalização.

<b>Âmbito</b>	<b>Internacionais</b>	<b>Europeus</b>
<b>Geral</b>	<p>ISO-International Standard Organization</p> <p><a href="http://www.iso.org/iso/home.htm?=">http://www.iso.org/iso/home.htm?=</a></p> <p>Comité TC 37 – Terminologia e outros recursos de língua e conteúdo</p> <p><a href="http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=48104">http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=48104</a></p>	<p>CEN – European Committee for Standardization</p> <p><a href="http://www.cen.eu/pages/default.aspx">http://www.cen.eu/pages/default.aspx</a></p>
<b>Eletricidade e Eletrónica</b>	<p>IEC – International Electrotechnical Commission</p> <p><a href="http://www.iec.ch/">http://www.iec.ch/</a></p> <p>(Comité TC 1 – Terminologia)</p> <p><a href="http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0:::FSP_ORG_ID:1231">http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0:::FSP_ORG_ID:1231</a></p>	<p>CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization</p> <p><a href="http://www.cenelec.eu/">http://www.cenelec.eu/</a></p>
<b>Telecomunicações</b>	<p>ITU – International Telecommunication Union</p> <p><a href="http://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx">http://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx</a></p>	<p>ETSI – European Telecommunications Standards Institute</p> <p><a href="http://www.etsi.org/">http://www.etsi.org/</a></p>

A comunicação eficaz é indispensável para a troca de informações entre países, línguas e culturas distintas. A terminologia é um componente essencial desta comunicação eficaz, desempenhando um papel relevante para a gestão do conhecimento multilingue, a facilitação do intercâmbio de informação através da produção de produtos linguísticos e a integração desses mesmos recursos linguísticos numa sociedade em que a informação e o conhecimento são cada vez mais valorizados.

# **Capítulo 5**

## **Fase de pré-tradução**



## 5 Fase de pré-tradução

### 5.1 Introdução

O processo de tradução é um processo comunicativo que combina duas situações de comunicação em que o tradutor descodifica o texto de partida e codifica o texto de chegada, passando assim a mensagem de um texto para o outro. O processo pode ser dividido em três fases (Gile, 1995; Gouadec, 2007):

Fase 1: Fase de pré-tradução - análise do texto de partida

Fase 2: Fase de tradução - transferência do texto de partida para o texto de chegada

Fase 3: Fase de pós-tradução – revisão do texto de chegada

A fase 1, inclui a leitura e compreensão do texto de partida, a análise dos aspetos extratextuais e intratextuais. A fase 2 compreende a deteção e classificação dos problemas de tradução e a reflexão sobre os conceitos gerais de tradução, aplicação dos conceitos teóricos da tradução ao contexto cultural do leitor (aspetos linguísticos, textuais e culturais) (Rabadán e Fernandez Nistal, 2002). A fase 3 inclui a revisão e correção do texto de chegada em termos de formatação, aspetos tipográficos, erros no processo de tradução ou no texto final e garantia de que o texto final cumpre as instruções do *Translation Brief*.

No presente Capítulo é tratada a fase 1 pré-tradução/análise dos textos de partida e o levantamento de textos de referência sobre o tema dos textos a traduzir. Esta fase compreende todo o trabalho prévio que leva à tradução propriamente dita, isto é, a compreensão do documento de partida, pesquisa de informação de terminologia, de fraseologia e das memórias de tradução a utilizar (Gouadec, 2007). O primeiro aspeto a ser considerado nesta fase relaciona-se com as Instruções de Tradução (*Translation Brief*) que geralmente são insuficientes deixando ao tradutor a decisão sobre os critérios básicos a que a tradução deve obedecer e a responsabilidade de aplicar as estratégias de tradução e soluções mais adequadas (Nord, 2005).

## 5.2 Instruções de Tradução (*Translation Brief*)

De acordo com Rabadán e Fernández Nistal (2002) e com Nord (2005), os aspetos extratextuais focados nas Instruções de Tradução devem cobrir os seguintes pontos (cf. Fig. 3.2):

- razão pela qual a tradução foi solicitada
- função do texto de chegada
- perfil e expectativas do leitor de chegada
- meio de publicação do texto de chegada
- coordenadas situacionais: momento e local de receção
  - o data estabelecida para a entrega do texto de chegada
  - o momento em que o texto de partida foi escrito
  - o volume de texto (espaço)
  - o adaptação de contexto sociocultural

Partindo deste modelo foram elaboradas as seguintes Instruções de Tradução para os textos tratados neste trabalho.

INSTRUÇÕES DE TRADUÇÃO ( <i>TRANSLATION BRIEF</i> )
1) Razão pela qual a tradução foi solicitada
Esta tradução é necessária para fornecer a investigadores e técnicos na área dos sistemas biológicos de tratamento de águas residuais conhecimentos sobre uma ferramenta que permite monitorizar as populações microbianas desenvolvidas nesses sistemas. Atualmente, a grande maioria dos investigadores, tem razoáveis conhecimentos de inglês que permitem a leitura e compreensão geral de um texto científico. No entanto, no caso dos dois textos em causa, considereei que:  i) as metodologias de monitorização microbiana (especialmente os novos métodos que não recorrem à cultura de microrganismos) são ainda pouco

familiares a muitos investigadores e principalmente aos técnicos de laboratórios de análises ambientais

- ii) a utilização do segundo texto (Protocolo de laboratório) implica a compreensão pormenorizada de todos os passos do método. Além disso, o texto poderá ser utilizado por técnicos de laboratórios dedicados a análises ambientais, com algumas dificuldades de interpretação do texto de partida. Sendo desejavelmente um texto de utilização frequente, é útil a sua tradução para o português. Especificamente, no caso do laboratório de águas do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, sucede que o laboratório possui os meios materiais para implementar a metodologia FISH mas existe uma grande dificuldade em fazê-lo por desconhecimento e falta de prática (o que os técnicos de laboratório geralmente chamam “ter mão no método”); neste contexto, a disponibilização de um protocolo em língua portuguesa será um elemento facilitador com grande efeito.
- iii) os dois textos são bastante complexos, com uma densidade terminológica muito elevada, e com algumas estruturas fráscas e expressões de compreensão menos imediata

## 2) Função do texto de chegada

Texto 1 (Chapter 1 - Introduction): Comunicar a utilidade da metodologia FISH na monitorização qualitativa e quantitativa de populações microbianas de sistemas biológicos de ETAR e na gestão desse tipo de sistemas, tornando-a compreensível para investigadores e técnicos de língua portuguesa. Este texto constituirá uma apresentação do método e uma justificação para a sua utilização. A função mais importante será a de divulgar a metodologia FISH.

Texto 2 (Chapter 7 – Protocol...): Fornecer a investigadores e técnicos um instrumento que lhes facilite a implementação da metodologia FISH no laboratório e ajude a ultrapassar as dificuldades inerentes a essa implementação. Este texto também contribuirá para a divulgação da metodologia FISH de uma forma ainda mais direta do que o texto 1.

## 3) Perfil e expetativas dos leitores dos textos de chegada

Os leitores dos dois textos serão investigadores e técnicos de laboratório da área do tratamento de águas residuais. Considero que estes profissionais têm

conhecimentos de prática laboratorial e alguns conhecimentos de biologia (ao nível do 12º ano), incluindo o conhecimento da estrutura celular, da composição e da estrutura dos ácidos nucleicos e dos mecanismos gerais de replicação dessas moléculas. Considero que, com a utilização destes textos traduzidos, se espera que os leitores adquiriram conhecimentos que lhes permitam dar o primeiro passo para a utilização regular da metodologia FISH em investigação e na monitorização de ETAR.

4) Meio de publicação do texto de chegada

Os textos de chegada não serão objeto de publicação, serão apenas distribuídos aos investigadores e técnicos do laboratório de águas do DAO/UA numa primeira instância.

5) Coordenadas situacionais: momento e local de receção

Os textos de partida foram redigidos em data anterior a 2009 e os textos de chegada serão distribuídos em dezembro de 2015, no DAO/UA, por meio de correio eletrónico. Não há restrições de espaço na tradução, pelo que não há necessidade de adaptação do volume dos textos traduzidos. O contexto sociocultural não é relevante para a leitura dos textos pelo que não sofrerá nenhuma adaptação entre os textos de partida e os textos de chegada.

### 5.3 Análise e caracterização dos textos de partida

O primeiro passo no processo de tradução deverá ser ler atentamente o texto de partida com o objetivo de apreender o seu tema e o seu conteúdo, analisando-o do ponto de vista do tradutor e detetando dificuldades de tradução. É vulgar, nesta fase, que um tradutor experiente comece já por tentativas de tradução de certos trechos mais problemáticos, como forma de esboçar o percurso tradutológico. Segundo Eco (2006) “Les bons traducteurs, avant de commencer à traduire, lisent et relisent le text, et consultent toutes les aides qui leur permettront de comprendre le mieux possible certains passages obscurs, des termes ambigus, des références érudites...”



A análise do texto de partida é essencial na fase de compreensão. Neste trabalho a análise dos textos de partida terá como base as orientações dadas por Nord (2005) e por Mendoza e Ponce (2009). Mendoza e Ponce (2009) propõem um modelo de análise em três fases focadas na deteção e classificação dos problemas tradutológicos: contextualização do texto de partida, análise dos fatores extralinguísticos e dos fatores intralinguísticos.

### 5.3.1 Fatores extralinguísticos

Os dois textos referem-se muito especificamente à aplicação da metodologia FISH para a monitorização de populações microbianas desenvolvidas nos sistemas biológicos de ETAR. Nos dois textos as funções da linguagem (Bühler, 1934) são informativa e vocativa, pois focam-se na situação externa, isto é, na realidade além da linguagem, recorrendo pontualmente a vocativos para “convencer” o leitor a adotar o método descrito (FISH). O tema específico do primeiro texto é a aplicação da metodologia FISH à monitorização e gestão de ETAR e o tema específico do segundo texto é o protocolo laboratorial da metodologia. Os dois textos estão inseridos num livro técnico intitulado “FISH Handbook for Biological Wastewater Treatment”, publicado, em 2009, pela IWA Publishing, o ramo editorial da International Water Association<sup>17</sup> (IWA). A IWA é uma associação internacional dedicada aos profissionais do ramo da água cujo objetivo principal é melhorar a gestão da água de forma a satisfazer as necessidades das atividades humanas e dos ecossistemas de uma forma equitativa e sustentável. A IWA tem mais de 10 000 membros, dos quais 530 são corporativos, distribuídos por 165 países. A associação é responsável pela publicação de 13 revistas científicas da especialidade (em colaboração com a Editora Elsevier), incluindo a mais prestigiada revista da área (Water Research), pela publicação de centenas de obras de referência e manuais práticos, e ainda pela organização anual de cerca de 35 eventos internacionais (exposições, congressos, *workshops* entre outros). A IWA tem na sua estrutura vários grupos especialistas e o livro mencionado foi desenvolvido pelos autores em colaboração com o grupo especialista Dinâmica de Populações em Lamas Ativadas (Activated Sludge Population Dynamics, agora com o nome de IWA Specialist Group on Microbial Ecology

---

<sup>17</sup> <http://www.iwa-network.org>

and Water Engineering<sup>18</sup>). O livro é editado pelo Professor Per Halkjaer Nielsen (que também é autor de alguns capítulos), professor do Departamento de Química e Biociências da Universidade de Aalborg na Dinamarca. O Professor Nielsen é doutorado e tem mais de 225 artigos científicos publicados em revistas com revisão por pares, 42 capítulos de livros e 7 livros, além de mais de 450 comunicações em conferências. Uma pesquisa no Web Of Knowledge indica um total de 9164 citações dos seus trabalhos e um índice H de 50. A Professora Hilde Lemmer, editora do livro e autora de alguns capítulos, é professora na Universidade Técnica de Munique, doutorada em microbiologia e tem como área de investigação a microbiologia no tratamento de águas residuais. Com mais de 30 publicações, tem cerca de 1550 citações e um índice H de 13. O Professor Holger Daims, também editor e autor, é Professor no Departamento de Microbiologia e Ciência de Ecossistemas da Universidade de Viena, tem Doutoramento em microbiologia e 65 artigos publicados em revistas da especialidade, com 5126 citações e um índice H de 33. O Professor Jepp Lund Nielsen, autor do Capítulo 7, é professor na Faculdade de Engenharia e Ciências da Universidade de Aalborg na Dinamarca, tem 70 publicações em revistas científicas, 2400 citações e um índice H de 30. O perfil dos autores dos dois capítulos que são alvo deste trabalho mostra que são investigadores com reconhecimento internacional, com grande volume de trabalhos publicados e citações na área da microbiologia do tratamento de águas residuais, o que os estabelece como autoridades na matéria a nível mundial. O facto de estes investigadores serem editores e autores de um livro publicado pela IWA é, só por si, indicação de uma posição de grande prestígio internacional na área temática em questão. Em consequência dos perfis acima apresentados e da leitura dos próprios textos, decorre que os autores possuem um conhecimento muito profundo sobre o tratamento de águas residuais e especificamente sobre a monitorização de populações microbianas utilizando a metodologia FISH. Como é natural, os leitores dos textos de chegada terão um conhecimento muito menor, especialmente no que respeita à metodologia FISH, o que sucederia também já no caso dos leitores dos textos de partida. Apoiados no seu conhecimento e na experiência, os autores fazem recomendações específicas ao leitor ao longo dos textos. O registo usado é formal, como é usual em textos técnicos e científicos e, mesmo quando solicitam do leitor o envio de mensagem eletrónica (*e-mail*), os autores não usam o vocativo “you”. De facto, os autores referem-se frequentemente a si próprios usando “we” ou “our”, mas nunca mencionam o leitor.

---

<sup>18</sup> <http://www.iwa-network.org/specialist/microbial-ecology-and-water-engineering>

No primeiro capítulo (Introdução) há algum desvio à formalidade típica de textos científicos, pois os autores recorrem a 2 perguntas com o objetivo de estabelecer proximidade com o leitor:

Does it matter which bacteria are present in each functional group in a certain treatment plant?

(Chapter 1 – Introduction)

Do we get the same nitrifiers in a full-scale plant based on activated sludge with different process configurations (e.g. sequencing batch reactors, continuously stirred reactors or plug-flow reactors), biofilm reactors (e.g. upflow or downflow biofilters, airlift reactors, granules reactors), or membrane bioreactors treating the same wastewater?

(Chapter 1 – Introduction)

Especialmente nesta última questão que os autores colocam aos leitores, há a salientar a informalidade da expressão “do we get”. O uso do termo “we” também surge em outros pontos do texto, o que se justifica por os autores se dirigirem a especialistas com o objetivo de criar uma relação de proximidade com os leitores.

A tradução dos dois textos escolhidos é pertinente pois a área temática em que incidem é atual e tem tido um grande desenvolvimento nos anos recentes (cf. Capítulo 1). Esta tradução irá permitir a circulação dos textos num contexto mais alargado do que o correspondente contexto de partida e irá responder a uma necessidade que se antecipa vir a aumentar no futuro, principalmente ao nível dos responsáveis e operadores de ETAR.

### **5.3.2 Fatores interlinguísticos**

Os fatores intratextuais dizem respeito ao texto em si e a sua análise deve incluir o assunto e o conteúdo do texto, a sua composição e construção, elementos gráficos, características lexicais, construções frásicas, registo e terminologia. Alguns destes

aspectos já foram discutidos acima, pelo que a análise apresentada a seguir incide apenas sobre os níveis gráfico, sintático e lexical.

### **5.3.2.1 Nível gráfico e estrutural**

Os dois textos a traduzir inserem-se num livro em que cada capítulo é escrito por autores diferentes, assim logo abaixo do título do capítulo surge(m) o(s) nome(s) do(s) autor(es). Na primeira página de cada capítulo, em rodapé, é apresentada a informação sobre o livro: ano de publicação, editores, título e ISBN; o que se justifica pelo facto de cada capítulo ser independente dos restantes.

No primeiro capítulo (Introdução) não existem características gráficas ou estruturais distintivas; O capítulo está dividido em secções numeradas e com títulos em maiúsculas e negrito permitindo identificar claramente o conteúdo de cada secção. Em cada secção o texto está subdividido em parágrafos de acordo com a estrutura de apresentação dos conteúdos e da argumentação.

No Capítulo 1 existem duas tabelas. A primeira tabela resume os grupos microbianos usuais em sistemas de tratamento de águas residuais e refere os capítulos do livro em que são tratados, na segunda coluna são listados os nomes de grupos microbianos mais específicos (filos, géneros, linhagens) com recurso a nomenclatura científica para a qual é utilizado o itálico. A segunda tabela apresenta os fatores que determinam a estrutura das populações microbianas em sistemas biológicos de ETAR.

No Capítulo 7 (Protocolo) há três tipologias de arranjo gráfico do texto; a que aparece no início e que é semelhante à que foi descrita para o Capítulo 1 (Introdução). A secção intermédia diz respeito ao protocolo propriamente dito e apresenta uma disposição gráfica pouco usual em livros de texto, mas muito comum em protocolos de laboratório. Esta disposição é essencial para uma boa compreensão do texto e para a sua utilização na bancada de laboratório. A descrição do protocolo inicia-se com uma listagem dos reagentes e instruções para preparação de cada um destes. Segue-se uma listagem dos equipamentos necessários com referência a marcas e nomes comerciais e o protocolo que inclui procedimento laboratorial. Estas duas partes do texto (materiais e procedimento)

representam os dois movimentos retóricos identificados como estáveis por Estima (2011), veja-se o Capítulo 3. No protocolo propriamente dito, o texto está dividido por secções com títulos bem identificados correspondentes às diversas fases do procedimento experimental, desde a recolha e preparação das amostras, tratamento e hibridização, até à fase de observação ao microscópio. Dentro de cada fase do procedimento pode haver vários passos ou opções que estão bem identificados com subtítulos a negrito (por exemplo, as várias opções de permeabilização na secção 7.3.5).

Na secção final, o capítulo apresenta recomendações para resolução dos problemas mais comuns relacionados com a aplicação do método laboratorial. Esta secção está subdividida de acordo com a tipologia de problema a tratar, sendo as subdivisões indicadas com subtítulos a negrito.

Esta disposição gráfica na descrição dos materiais e do protocolo e dos problemas associados é imprescindível para a correta e fácil utilização do texto, pois tratando-se de um manual com secções que podem, e devem, ser consultadas de forma independente, é necessário que estejam bem delimitadas e identificadas.

O texto do Capítulo 7 (Protocolo) inclui também uma figura que apresenta as diversas fases do procedimento experimental e duas tabelas que relacionam concentrações de duas das soluções a utilizar com outras condições experimentais, facilitando a leitura e a interpretação da informação. A descrição do procedimento experimental utiliza vários tipos de símbolos: símbolos químicos para designar elementos e compostos químicos; símbolos de unidades de volume, de massa e de concentração. Há também o recurso a logogramas, como por exemplo, <, > ou  $\Delta$ , para indicar, respetivamente “menor”, “maior” ou “variação”, notação muito comum em textos científicos.

Dado os dois textos em análise serem textos técnicos/científicos não há lugar à expressão de emotividade ou subjetividade. Por esse motivo, as ocorrências de pontos de exclamação têm apenas o objetivo de sinalizar perigo por meio de um tom imperativo:

(in the fume hood!)

(Chapter 7 – Protocol...)

e os pontos de interrogação ocorrem apenas nas duas perguntas mencionadas anteriormente, decorrentes da estrutura de argumentação desenvolvida.

Tal como é comum em textos científicos, o uso de parêntesis é frequente para as seguintes funções:

- inserir referências intertextuais

Agarose embedding will give less sharp images, although still usable for quantification purposes (see Chapter 8).

(Chapter 7 – Protocol...)

- inserir siglas correspondentes a termos

Until very recently, culture-dependent methods such as plate count or Most Probable Number (MPN) counting have widely been used for enumeration and detection of bacteria being relevant to biological wastewater treatment performance.

(Chapter 1 – Introduction).

- exemplificar

In fact, such standard methods are in many cases still used for effluent quality control, particularly with respect to pathogens and various indicator organisms (e.g. APHA Standard Methods).

(Chapter 1 – Introduction).

- apresentar termos

It is primarily bacteria involved in nitrification and to some extent those involved in denitrification, many bacteria involved in enhanced biological P-

removal (EPBR), and most bacteria causing settling problems (bulking) or foam/scum.

(Chapter 1 – Introduction).

- esclarecer o significado de termos

Sludge age (mean cell residence time), which is determined by the sludge loading, is also extremely important.

(Chapter 1 – Introduction).

- remeter para tabelas ou referências bibliográficas

Prepare 2 mL of hybridization buffer for each percentage of formamide (see Table 7.1).

(Chapter 7 – Protocol ...)

AOB of the genus *Nitrosospira* have occasionally been detected in WWTPs, but these AOB are generally more common in terrestrial habitats and seem to play only minor roles for wastewater treatment. Notable exceptions are rhizoremediation plants, where *Nitrosospira*-related organisms seem to be more frequent (Haleem *et al.*, 2000).

(Chapter 1 – Introduction).

- inserir esclarecimentos adicionais

New probes should always be empirically tested for optimizing the applied stringency (i.e. the formamide concentration under which it should be applied).

(Chapter 7 – Protocol...).

O itálico também é usado recorrentemente para:

- expressões latinas ou derivadas do latim

Fluorescence *in situ* hybridization (FISH) using rRNA-targeted oligonucleotide probes has become one of the most widely used approaches when studying microorganisms directly in complex systems without prior cultivation and isolation.

(Chapter 1 – Introduction)

*In silico* predictions of the proper hybridization stringency are still not sufficiently accurate, and thus optimization of probe specificity and sensitivity should be performed experimentally.

(Chapter 7 – Protocol)

- indicar os grupos biológicos

Genus *Candidatus Accumulibacter* (class *Betaproteobacteria*)

(Chapter 1 – Introduction)

### 5.3.2.2 Nível sintático

Com algumas exceções, as frases utilizadas no primeiro texto não são longas, havendo mesmo frases muito curtas, características da língua inglesa.

Other probes are briefly mentioned in the text.

(Chapter 1 – Introduction)

They might be relevant in special cases.

(Chapter 1 – Introduction)

No Capítulo 7 (Protocol...) há várias frases muito curtas, típicas dos textos de instrução, com a utilização de artigos reduzida ao mínimo indispensável para a compreensão:



Store at 4°C.

(Chapter 7 – Protocol...)

Com exceção das frases que formulam as questões acima mencionadas, as frases do Capítulo 1 são do tipo declarativo. Uma exceção é a última frase do capítulo 1, do tipo imperativo em que é usada a forma *e-mail* como forma verbal, num pedido de contacto com o autor. No Capítulo 7, a secção de introdução e a secção final (*Troubleshooting*) apresentam frases declarativas, na secção do texto referente ao protocolo propriamente dito são usadas frases imperativas:

Sterilize by filtration and store at 4°C.

(Chapter 7 – Protocol....)

Quanto aos tempos verbais, no Capítulo 1, o autor usa o presente (*present simple*) na apresentação de resultados já consolidados na literatura da especialidade, pois esse conhecimento é referido como sendo atual. Em algumas ocorrências é utilizado o *present perfect*, quando o autor se refere a um estudo específico e ao estado do conhecimento prevalecente até ao momento:

A special case is the identification of filamentous bacteria. These have primarily been identified based on their morphology and simple staining techniques using light microscopy since their first comprehensive description by Eikelboom (Eikelboom, 1975).

(Chapter 1 – Introduction)

Only a few comprehensive studies have been published describing the total community composition from full-scale wastewater treatment plants.

(Chapter 1 – Introduction)

No Capítulo 7, o autor utiliza o presente, na secção de introdução, visto referir-se a conhecimento atual ou ação intemporal. Na secção do protocolo laboratorial é usado o *simple present*:

Fresh samples are collected and fixed as soon as possible (activated sludge and biofilms can usually be kept in the refrigerator 2-4°C for 2-3 days without major changes.

(Chapter 7 – Protocol...)

A voz passiva também é usada frequentemente ao longo do texto do Capítulo 7 de modo a tornar os textos impessoais e objetivos, afastando o sujeito pessoal do próprio texto:

The fixed sample can be kept in the freezer (-20°C) for several months.

(Chapter 7 – Protocol...)

Em alternância com a voz passiva, há a elipse da segunda pessoa, na forma imperativa:

Remove the slides and let them air dry in vertical position in a dust-free environment.

(Chapter 7 – Protocol...)

Separate PFA and biomass by centrifugation (3500 g for 8 min).

(Chapter 7 – Protocol...)

O texto do Capítulo 1 (Introdução) trata da relevância da metodologia FISH para a monitorização microbiana em ETAR, apresentando os factos como conhecimento já estabelecido; exeto no início, em que podem ser identificados movimentos retóricos semelhantes aos descritos por Swales (1990) para a introdução de artigos científicos (veja-se o Capítulo 3), não há a estrutura de argumentação típica de outros textos científicos. É de assinalar a pouca presença de conectores ao longo dos dois textos:

- conectores de oposição, são usados no início do Capítulo 1, e também ao longo do mesmo Capítulo, em que os autores procuram estabelecer um nicho de oportunidade para a metodologia:

In fact, such standard methods are in many cases still used for effluent quality control, particularly with respect to pathogens and various indicator organisms (...). However, today we know that these methods suffer from severe limitations as from all types of microbes in environmental samples ...

(Chapter 1 – Introduction)

In this way we are gaining a rapidly increasing understanding of key microorganisms being involved in many processes and how to affect their presence and activity. However, there is still much to learn about full-scale systems....

(Chapter 1 – Introduction)

No início do Capítulo 1, em que os autores desenvolvem uma estrutura de argumentação, há a presença de outros conectores.

- Conectores de adição:

Furthermore, other molecular methods exist, primarily PCR-based methods.

(Chapter 1 – Introduction)

- Conectores de ligação:

Other important factors are temperature, salinity, presence of toxic substances, and pH value. Likewise, the incoming microorganisms may affect the population structure in the treatment plant.

(Chapter 1 – Introduction)

Na secção de introdução do Capítulo 7, e na secção de *Troubleshooting* é usado apenas um conector (de conclusão):

The main obstacles associated with the FISH method are poor cell permeability, insufficient ribosome content, ribosome inaccessibility, and sample autofluorescence. Thus knowledge of the nature and applicability of the sample as well as a uniform protocol with application of the proper controls are of fundamental importance for obtaining solid and comparable information.

(Chapter 7 – Protocol...)

Increasing the hybridization time (for up to 72 hours) will improve probe diffusion into the cell and decrease kinetic barriers of target site accessibility. Thus a better hybridization efficiency and in general increased fluorescence signals are achieved.

(Chapter 7 – Protocol...)

No Capítulo 1 existem algumas expressões consagradas, típicas de textos científicos:

However, today we know that these methods suffer from severe limitations

This is due to biases concerning nucleic acid extraction

To date no quantitative phylochip-based assay exists

Today it is clear that although some filamentous bacteria can be fairly reliably identified in this way, the majority can not

It has been suggested that the presence of several lineages

A related question is whether strain-level microbial diversity influences process stability in WWTP

Estas expressões são recorrentes em textos científicos, conferindo-lhes o seu estilo próprio e devem ser mantidas nos textos traduzidos.

### 5.3.2.3 Nível lexical

A redação científica é caracterizada por uma linguagem formal e rigorosa, que evita ambiguidade, é concisa e impessoal. Os cientistas usam frequentemente termos da especialidade, essenciais para evitar a ambiguidade nos textos. Em resultado, os textos científicos apresentam grande densidade terminológica. No caso dos dois textos alvo deste trabalho, a densidade terminológica é muito elevada e os autores partem do princípio de que a terminologia usada é familiar aos leitores, uma vez que raramente explicitam os termos usados, tornando-os acessíveis a um público menos especializado. Para ilustrar esta elevada densidade terminológica, note-se que nos três primeiros parágrafos do Capítulo 1 (Introdução), num total de 18 linhas de texto, é possível identificar 21 ocorrências de termos técnicos diferentes.

Para além do uso frequente de termos e expressões da especialidade, algumas expressões científicas são abreviadas e nalguns casos apresentam leitura em forma de sigla, ou seja, são constituídas pelas letras iniciais dos elementos do termo não apresentando uma leitura silábica:

Thus we strongly advocate for a change to using culture-independent molecular methods in all sorts of microbiological investigations in wastewater treatment plants (WWTP).

(Chapter 1 – Introduction)

It is obvious that certain functional groups are dominant only if specific processes are included in the plant's process design (e.g. N-removal or EBPR).

(Chapter 1 – Introduction)

Em geral, o significado das siglas é mencionado na primeira vez que são usadas, de forma a esclarecer o leitor, independentemente de estarem também definidas na lista de abreviaturas no início do livro. No entanto, há casos de siglas que não são explicadas, como por exemplo DNA ou RNA, o que se explica pelo facto de serem siglas muito usadas em textos de bioquímica e, em princípio, dispensarem explicação, tendo em conta o público dos textos.

Como foi dito no Capítulo 3 deste trabalho, os textos científicos caracterizam-se por uma linguagem complexa em que é comum a ocorrência de grupos nominais. Esta estrutura frásica complexa significa que numa única frase estão incluídos muitos itens de informação com recurso ao uso de diferentes níveis de subordinação. Estes grupos são, geralmente, constituídos por um substantivo principal (núcleo) e vários elementos (por exemplo: adjetivos ou substantivos) que alteram o seu significado.

São exemplos os seguintes:

Thus we strongly advocate for a change to using culture-dependent molecular methods in all sorts of microbiological investigations in wastewater treatment plants (WWTPs).

(Chapter 1 – Introduction)

We have not included bacteria present in digesters (anaerobic digestion), fuel cells or bacteria carrying out more rarely encountered treatment processes such as treatment of S-containing waste (for S<sup>0</sup> production) or removal of specific pollutants (e.g. from polluted sites).

(Chapter 1 – Introduction)

Furthermore, other molecular methods exist, primarily PCR-based methods.

(Chapter 1 – Introduction)

Among the cultivation-independent methods for detection, fluorescence *in situ* hybridization (FISH) with ribosomal RNA (rRNA)-targeted probes (gene

probes) is a very powerfull tool for identification of microorganisms in activated sludge and biofilm biocenoses from WWTPs.

(Chapter 1 – Introduction)

Em alguns casos, a tradução destas expressões torna-se difícil devido à sua complexidade. Nestes casos, é útil dispor de textos de referência na língua de chegada que permitam ao tradutor evitar erros na tradução. Esses textos na língua de chegada podem, por exemplo, conter a ordem correta dos vários elementos pertencentes à expressão, permitindo traduzi-la corretamente.

#### **5.4 Textos de referência utilizados**

Os textos de referência são uma ferramenta imprescindível na tradução científica e técnica, pois permitem verificar a ocorrência de termos usados e as fraseologias típicas da especialidade, além de permitirem ampliar o conhecimento do tradutor sobre a temática da tradução. São especialmente úteis os resumos de artigos científicos e teses publicados simultaneamente em língua portuguesa e inglesa.

Neste trabalho foram usados vários textos de referência sobre a utilização da metodologia FISH em diversas aplicações, desde a monitorização de ETAR até ao diagnóstico clínico humano e veterinário. Uma ferramenta muito útil na compreensão dos princípios da metodologia FISH foi o sítio Scitable by Nature Education<sup>19</sup>, em que são explicados desde a constituição dos ácidos nucleicos até aos mecanismos de replicação de informação genética, os princípios da hibridização e a metodologia FISH.

A lista dos documentos consultados é apresentada numa secção devidamente sinalizada da Bibliografia.

---

<sup>19</sup> <http://www.nature.com/scitable>





# **Capítulo 6**

## **Fase da tradução**



## **6 Fase da tradução**

À análise e compreensão dos textos de partida e das Instruções de Tradução segue-se a fase da tradução ou fase de transferência, de uma língua para a outra, dos conteúdos, tendo em conta a finalidade e as características dos textos e o seu público alvo. Nesta fase são fundamentais várias ferramentas que auxiliam o tradutor na tradução propriamente dita e na escolha de soluções para os problemas tradutológicos encontrados.

### **6.1 Ferramentas de tradução**

Na tradução dos textos escolhidos foi recorrente a utilização de dicionários, glossários e bases de dados terminológicas, quer para esclarecer o significado de termos técnicos, quer para aprofundar traços semânticos de algumas palavras de utilização comum. Algumas destas ferramentas, podendo levar a fontes não validadas, foram utilizadas apenas para obter pistas para encaminhar a pesquisa de soluções (por exemplo, a ferramenta Linguee).

#### **6.1.1 Dicionários**

- Infopédia: <http://www.infopédia.pt/>
- Linguee: <http://www.linguee.pt/>
- The Free Dictionary: <http://www.thefreedictionary.com/>
- Collins Dictionary: <http://www.collinsdictionary.com/>
- Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology:  
<http://www.oxfordreference.com/>
- Merriam-Webster: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/>
- Thesaurus: <http://www.thesaurus.com/browse/oxford>

### 6.1.2 Glossários e bases de dados terminológicas

- IATE: <http://iate.europa.eu/>
- GenScript: [http://www.genscript.com/cgi-bin/tools/molecular\\_biology\\_glossary.cg/](http://www.genscript.com/cgi-bin/tools/molecular_biology_glossary.cg/)
- UCMPGlossary:  
<http://www.ucmp.berkeley.edu/glossary/gloss3biochem.html>
- PortlandPress:  
<https://www.portlandpress.com/pp/books/online/glick/search.htm/>
- International Union of Biochemistry and Molecular Biology:  
<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>

Para a revisão da tradução e validação de escolhas tradutológicas recorri à ajuda de uma investigadora em bioquímica com especialização na metodologia FISH (Doutora Sílvia A. Sousa, pós-doutoranda em bioquímica no iBB - Institute for Bioengineering and Biosciences, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa).

### 6.1.3 O *software* de tradução *memoQ*

As ferramentas tecnológicas de apoio à tradução (ferramentas de CAT- Computer Assisted Translation) foram descritas sumariamente no Capítulo 3. Neste trabalho recorreu-se à ferramenta de tradução *memoQ* que consiste numa memória de tradução que permite armazenar as traduções realizadas e recuperá-las mais tarde para uso em novas traduções. O *memoQ* permite também criar bases de dados terminológicas para utilização na tradução atual ou em traduções futuras. As bases de dados terminológicas são listas de termos que podem ser organizadas alfabeticamente pela língua de partida ou de chegada, e que permitem a adição de vários campos (aspetos gramaticais, definição, fonte da definição entre outros). A escolha do *memoQ* para este projeto deve-se a que este *software* é uma ferramenta disponibilizada a um preço relativamente acessível aos alunos de tradução da Universidade de Aveiro, além de ter sido

uma ferramenta utilizada em algumas Unidades Curriculares do curso de Mestrado em Tradução Especializada.

A utilização deste *software* implicou a conversão do texto original para um formato que pudesse ser lido pelo programa. Essa conversão iniciou-se com uma digitalização dos textos em formato papel; os documentos digitalizados foram seguidamente convertidos com o programa de conversão de documentos *Omnipage*<sup>20</sup> de forma a que pudessem ser lidos pelo *memoQ*. A versão do *Omnipage* utilizada foi obtida *online* de forma gratuita e, por essa razão, apresentava algumas deficiências que se refletiram na perda de formatação do documento original. Por outro lado, devido à falta de qualidade da digitalização original, verifiquei que o programa *memoQ* “lia” algumas palavras incorretamente potenciando erros na tradução. Nestas circunstâncias, o tradutor profissional deve, sempre que possível, obter do cliente o texto em formato compatível com a ferramenta CAT que esteja a usar.

## **6.2 Problemas de tradução**

Na tradução dos dois textos que constituem este projeto, deparei-me com algumas dificuldades de tradução classificáveis em várias tipologias. Nos pontos seguintes são apresentadas essas dificuldades e as metodologias seguidas para as resolver, assim como as soluções adotadas. Tendo em conta o tipo de textos tratados, as dificuldades de tradução foram agrupadas em três categorias: nível terminológico, nível estilístico e nível semântico.

---

<sup>20</sup> <http://www.nuance.com/for-business/by-product/omnipage/ultimate/index.htm>

### 6.2.1 Nível terminológico

#### **technology platform**

A tradução literal desta expressão seria “plataforma tecnológica”. Na Infopédia o termo “plataforma” da área da informática significa “base composta por hardware, físico ou virtual, pelo sistema operativo, e por aplicações que são a base para o desenvolvimento de novas aplicações”, o que poderia ser transposto para a área das tecnologias do tratamento de efluentes. No dicionário em linha Technopedia<sup>21</sup> encontrei a definição seguinte para *platform*: group of technologies that are used as a base upon which other applications, processes or technologies are developed. Esta definição é compatível com a aceção da palavra no texto de partida e, por esse motivo, optei por manter a tradução literal.

#### **tissue grinder**

Inicialmente, considerei a tradução literal “moinho de tecidos”, mas após discussão com a investigadora Sílvia A. Sousa, optei por usar a expressão “moinho de células” que verifiquei existir em catálogos de equipamentos de laboratório (por exemplo, no catálogo da empresa Dias de Sousa, Lda.<sup>22</sup>

#### **candidate phylum**

Na página eletrónica LaSaludFamiliar<sup>23</sup> encontrei uma explicação do termo em língua espanhola:

“El término Candidatus se usa para las especies propuestas para las que la falta de información impide que pueda ser validada, por ejemplo, cuando la única prueba es la secuencia de datos de ADN, incluso si todo el genoma ha sido secuenciado.”

Confirmei o significado do termo em Youssef *et al.* (2015):

---

<sup>21</sup> <https://www.techopedia.com/definition/3411/platform>

<sup>22</sup> [http://www.ambicontrol.pt/ds/ds\\_representadas.htm](http://www.ambicontrol.pt/ds/ds_representadas.htm)

<sup>23</sup> <http://lasaludfamiliar.com/caja-de-cerebro/conocimiento-279.html>

“Collectively, these studies have demonstrated that the scope of phylogenetic diversity is much broader than previously implied from culture-based studies. Multiple novel microbial lineages have been identified, many of which appear to be deeply branching within the bacterial tree and unaffiliated with any of the known bacterial phyla. The discovery of these lineages necessitated coining the term candidate phylum (or candidate division) to accommodate these bacterial phyla where only 16S rRNA sequences but no isolates are available.”

A pesquisa no Google pela expressão “filo candidato” em páginas eletrônicas de Portugal não resultou em nenhuma ocorrência, no entanto, eliminando o filtro do país, verifiquei a ocorrência em textos brasileiros. Um exemplo é a tese de doutoramento de Martins (2010), em que no resumo a expressão “filo candidato OP 11” é traduzida como “candidate phylum OP 11”. Assim, optei pela tradução literal para esta expressão.

### ***in silico***

Verifiquei na página eletrônica The Marshall Protocol Knowledge Base<sup>24</sup> o significado da expressão como sendo “performed on computer or via computer simulation.” Uma vez que se trata de uma expressão derivada do latim, por analogia com as expressões *in vivo* e *in vitro*, optei por mantê-la juntamente com uma explicitação entre parêntesis (em computador).

### **6.2.2 Nível estilístico**

**probe targeted microbial populations/ribossomal RNA (rRNA)-targeted probes/rRNA-targeted probes/targeted by the probes/rRNA targeted oligonucleotide probes**

Para a tradução destes grupos nominais, ver o caso do termo *targeted* abaixo.

---

<sup>24</sup> [http://mpkb.org/home/patients/assessing\\_literature/in\\_vitro\\_studies](http://mpkb.org/home/patients/assessing_literature/in_vitro_studies)

### **Cy3-labeled 18-mer probe**

Esta expressão representou um desafio, visto que a traduzi inicialmente como sonda de 18-mer marcada com Cy3 sem recordar o significado de *18-mer*. Após discussão com a investigadora Sílvia A. Sousa, recordei-me de que *18-mer* significa que a sonda tem 18 nucleótidos. A expressão é aplicada a macromoléculas/polímeros, os quais são constituídos por várias subunidades repetidas. Esta interpretação decorre de uma analogia com as expressões seguintes:

Monomer = Monómero = que tem uma única unidade

Oligomer = Oligómero = que tem várias unidades (repetidas)

Polymer = Polímero = que tem muitas (até vários milhares) unidades (repetidas)

Assim, traduzi a expressão por “sonda de 18 nucleótidos marcada com Cy3”.

### **with a decreased thickness down to almost 25%**

A expressão surge na frase seguinte:

Serial treatment with increasing ethanol concentrations efficiently removes the water in the sample rendering the final sample with a decreased thickness down to almost 25%.

(Chapter 7 – Protocol...)

Inicialmente, não me pareceu claro se o valor de 25% se referia ao decréscimo de espessura atingido, o que traduziria como “com uma espessura reduzida em quase 25%”, ou se se referia à espessura final da amostra, o que traduziria como “com uma espessura reduzida de até quase 25%”. Após discussão com a investigadora Sílvia A. Sousa optei pela segunda hipótese e traduzi a expressão como “com uma espessura reduzida de até quase 25%”.



## EPBR

A sigla EBPR significa Enhanced Biological Phosphorus Removal, expressão que designa um processo de remoção biológica de fósforo por ação de organismos acumuladores de polifosfatos (PAO-Poliphosphate Accumulating Organisms), presentes numa zona anaeróbia prévia ao tanque de lamas ativadas. Em textos de língua portuguesa (Santos, 2013; Carvalheira, 2014) a expressão usada é “remoção biológica de fósforo” que não inclui o equivalente da palavra *enhanced* o que configura uma perda em termos de tradução. No entanto, tendo em consideração que o facto de a remoção ser biológica implica já que é uma remoção melhorada em relação à remoção clássica por métodos físico-químicos, conforme se pode verificar na citação seguinte de Kobylinski *et al.* (2014):

“EBPR is simply the biological uptake of phosphorus by selected microorganisms called phosphorus-accumulating organisms (PAOs). While the actual uptake of phosphorus occurs under aerobic conditions, PAOs must first be conditioned by exposure to volatile fatty acids (VFA) under anaerobic conditions. PAOs store food under anaerobic conditions and then process the stored food once under aerobic conditions. The preferred foods for PAOs are volatile fatty acids (VFA): acetic, propionic, and butyric acids.”

e, por outro lado, considerando que a expressão contendo o equivalente da palavra *enhanced* “remoção biológica melhorada de fósforo” resulta longa e pouco funcional, escolhi manter a expressão “remoção biológica de fósforo”, já usada nos textos que consultei. Por fim, uma vez que a sigla EPBR é muito usada em textos portugueses, optei por mantê-la, embora traduzindo a expressão que lhe dá significado.

### 6.2.3 Nível semântico

#### **probe targeted microbial populations/ribossomal RNA (rRNA)-targeted probes/rRNA-targeted probes/targeted by the probes/rRNA targeted oligonucleotide probes**

Nestas expressões a palavra *targeted* significa a sequência (ou população) que é complementar à cadeia de oligonucleótidos utilizada como sonda, (veja-se, por exemplo, Abreu (2004)), ou seja a sequência que é alvo da sonda. Por essa razão, as expressões acima foram traduzidas como segue:

probe targeted microbial populations = populações microbianas alvo da sonda

ribossomal RNA (rRNA)-targeted probes = sondas que têm como alvo o ARN ribossômico (ARNr)

targeted by the probes = alvo de sondas

#### **select for**

Esta expressão relaciona-se com o fenômeno de seleção exercido pela configuração e pelas condições operatórias do processo biológico, resultando no favorecimento de determinados grupos microbianos, que dessa forma provocam alterações na população microbiana direcionando-a para determinado(s) grupo(s). A tradução literal seria “selecionam para”, no sentido de “selecionam para resultar em”, o que teria um significado mais próximo da expressão em inglês, no entanto, devido a questões de coerência linguística, optei pela palavra “selecionam”.

#### **phosphate-buffered saline**

Para esta expressão considerei as opções: “salina tamponizada com fosfato”, “salina tamponada com fosfato”, “solução salina tamponizada com fosfato” e “solução salina tamponada com fosfato”. As duas últimas pareceram-me mais corretas, dado que a palavra salina, neste contexto, é um adjetivo. Uma pesquisa no Google evidenciou que a expressão mais usada em Portugal é “solução salina tamponada com fosfato” (veja-se a Fig. 6.1). Tendo verificado que os textos encontrados eram textos científicos, maioritariamente teses depositadas em

repositórios de instituições de ensino superior, considerei essas fontes como válidas e optei pela expressão “solução salina tamponada com fosfato”.

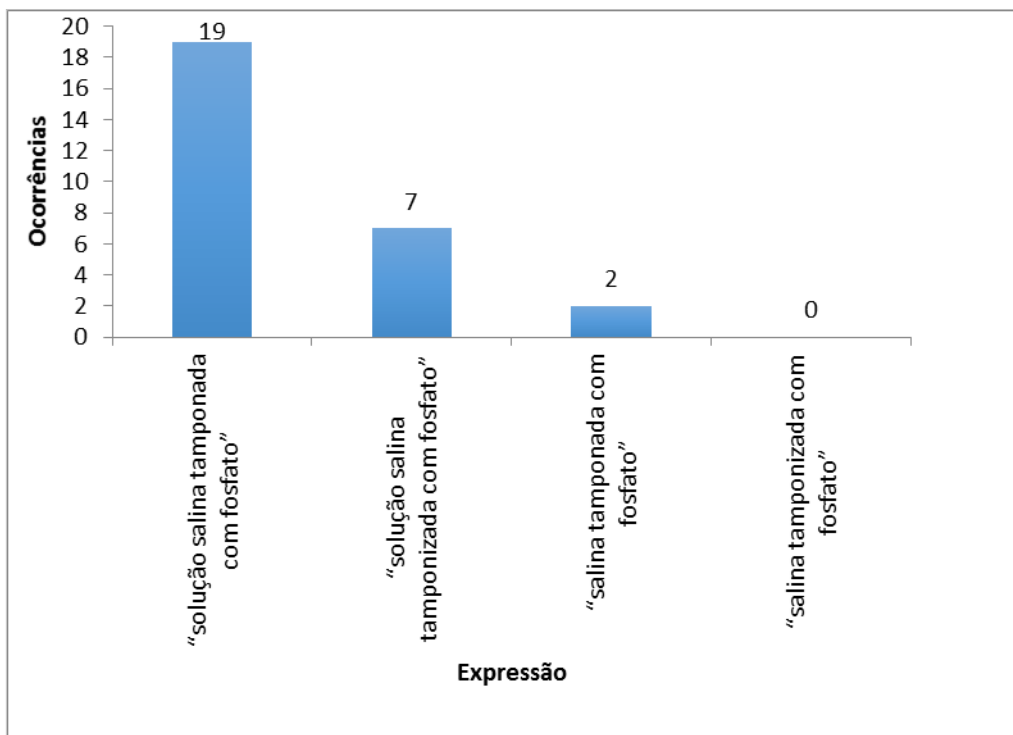


Figura 6.1 - Ocorrências de variações da tradução em português de *phosphate-buffered saline*, pesquisa realizada no Google em textos de Portugal em setembro de 2015.

### **counterstaining**

Inicialmente traduzi este termo literalmente, isto é, com o termo contracoloração. Em discussão com a investigadora Sílvia A. Sousa, apercebi-me de que a coloração com o corante de ADN, DAPI, se faz de forma simples, isto é, não envolve coloração prévia de outros elementos de amostra em relação aos quais a coloração com DAPI seja um contraste e, por isso, o prefixo “contra” não deve ser aplicado. Assim, optei por usar o termo simples “coloração”.

### **engineered systems**

Na Infopédia, a palavra *engineer* como verbo transitivo e na área da genética tem o significado “manipular”. Em TheFreeDictionary<sup>25</sup> encontrei, entre outros, o seguinte significado para a palavra *engineered*: “to alter or produce by methods of genetic engineering”. Tendo em conta o significado da palavra na área da genética, optei por traduzir a expressão *engineered systems* como “sistemas com intervenção de engenharia”.

### **elegantly**

Esta palavra surge no texto de partida aplicada à forma de descrever as potencialidades da técnica laboratorial:

Several recent reviews have elegantly described the potentials of the FISH technique and new developments for improved sensitivity (e.g. Wagner et al., 2003; Zwirgmaier, 2005; Bottari et al., 2006; Amann and Fuchs, 2008).

(Chapter 1 – Introduction)

Inicialmente, tendo em conta o contexto, a palavra pareceu-me difícil de traduzir já que a tradução à letra “elegantemente” não é vulgarmente aplicada em textos científicos. Verifiquei no Thesaurus<sup>26</sup>, que outro significado de *elegant* pode ser *simple* que, por sua vez, também pode ser interpretado como *straightforward* ou *uncomplicated*. Assim, optei por traduzir a expressão *elegantly described* como “descreveram de forma simples”.

### **design of new probes**

Segundo a Infopédia, a palavra inglesa *design* pode ter o significado, entre outros, de projeto, conceção, ou desenho. Considero que, no caso vertente, o equivalente mais adequado seria a palavra portuguesa “projeto” e assim a tradução da expressão seria “projeto de novas sondas”. Verifiquei, no entanto, que a

---

<sup>25</sup> <http://www.thefreedictionary.com/engineered>

<sup>26</sup> <http://www.thesaurus.com/browse/oxford>

expressão mais utilizada aplicada a sondas de ácidos nucleicos é “desenho de sondas”, para a qual verifiquei 444 ocorrências em páginas do Google de Portugal, enquanto que para a expressão “projeto de sondas” não verifiquei nenhuma ocorrência. A palavra “desenho” é definida na Infopédia como “representação das coisas e dos seres, ou até mesmo das ideias, por meio de linhas e manchas, a lápis, a tinta, etc.” ou “traçado; plano”, ou ainda como “intento, desígnio” (figurado) mas nenhum destes significados me pareceu corresponder tão adequadamente à palavra *design*, no contexto em questão, como a palavra “projeto”. No entanto, uma vez que, como confirmei também com a investigadora Sílvia A. Sousa, o uso consagrou a expressão “desenho de sondas”, optei por traduzir *design* como desenho.

No decorrer da fase de leitura inicial e de tradução dos textos detetei alguns erros nos textos de partida como, por exemplo:

Toxic substances (e.g. metals, sulfides)

(Chapter 1 – Introduction)

Robbing two glass slides against each other

(Chapter 7 – Protocol...)

Esses erros, e outros eventualmente encontrados, foram neutralizados no processo de tradução.

### **6.3 Discussão terminológica**

Na fase de pré-tradução deparei-me com vários termos cuja tradução para a língua portuguesa não existia ou não estava consolidada. Nesta secção apresento uma discussão terminológica sobre esses casos e propostas de termos traduzidos.

## Termo: **fluorescence *in situ* hybridization**

Proposta: hibridização *in situ* de fluorescência

A expressão *fluorescence in situ hybridization* refere-se a uma técnica laboratorial do âmbito da bioquímica descrita no Capítulo 2 deste trabalho. Conforme aí é explicado, o que se pretende com a técnica FISH é hibridizar fluorescência nos locais alvo, de forma a poder detetá-los, o que me levou traduzir o termo como “hibridização *in situ* de fluorescência”. No decorrer do processo de tradução, constatei que ocorrem algumas variações no equivalente da expressão em português. Através de uma pesquisa no Google, verifiquei o número de ocorrências de cada uma dessas variações em textos de Portugal, resultados apresentados na Figura 6.2. Tendo em conta esta análise de ocorrência, proponho a expressão “hibridização *in situ* de fluorescência” como equivalente em português de *fluorescence in situ hybridization*. Dada a utilização do acrónimo “FISH” em textos científicos em português (e em outras línguas, além do inglês), optei por manter esse acrónimo nos textos traduzidos.

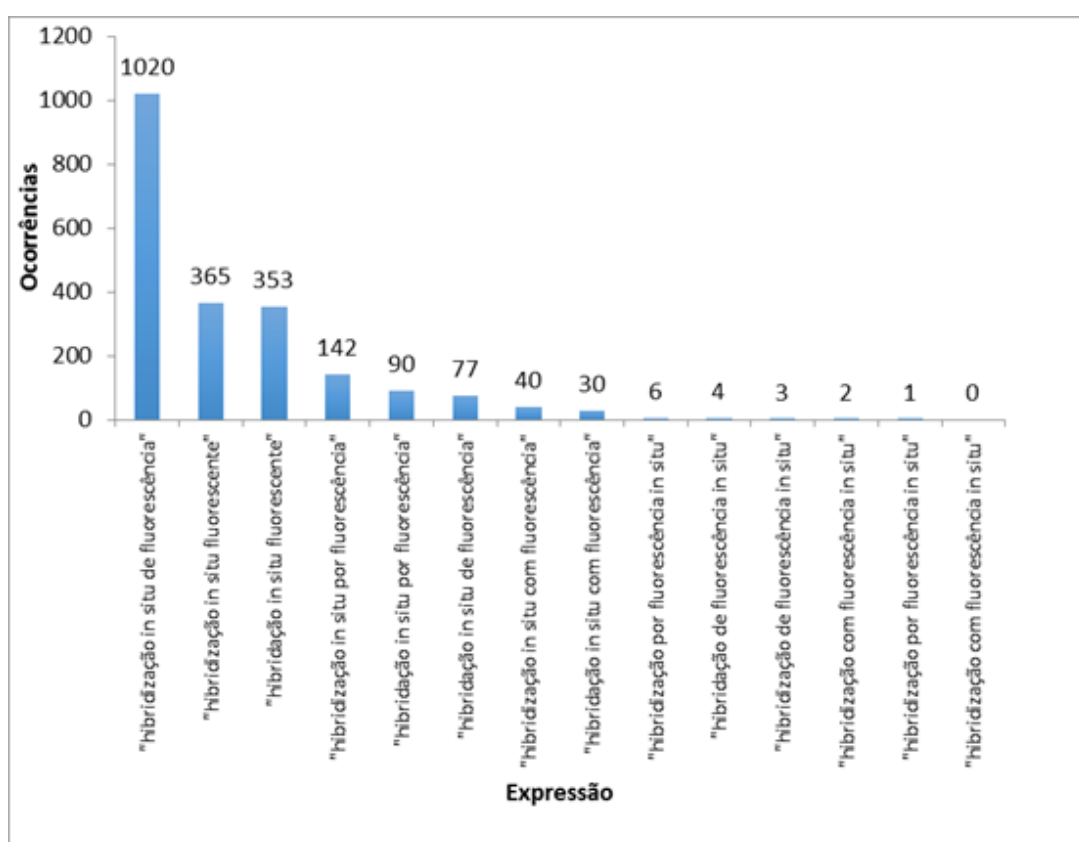


Figura 6.2 - Ocorrências de variações da tradução em português de *fluorescence in situ hybridization*, pesquisa realizada no Google em textos de Portugal (12 de outubro de 2015).

**Termo: bulking**

Proposta: avolumação

O termo *bulking* é utilizado na área técnica do tratamento biológico de águas residuais para indicar problemas de sedimentação das lamas biológicas devido a perda de densidade, e conseqüente aumento de volume. Este fenómeno pode ter duas causas (Sousa, 2011): o crescimento de bactérias filamentosas (*bulking* filamentosos) ou a formação de polímeros extracelulares (*bulking* viscoso). A definição do termo “sludge bulking” da base de dados terminológicos Termium Plus<sup>27</sup> é: A phenomenon which occurs in activated sludge plants whereby the activated sludge occupies an excessive volume and does not settle readily... usually associated with the presence of filamentous organisms.

A expressão equivalente mais adequada seria “perda de densidade das lamas”, mas este fenómeno é necessariamente equivalente a um aumento de volume e dado que, na linguagem comum, um dos significados da palavra inglesa *bulk* é volume e corpulência (Infopédia), optei pela expressão “aumento de volume das lamas”. Finalmente, atendendo a que um termo é mais fácil de usar do que uma expressão, ocorreu-me a palavra “avolumação” que verifiquei existir em textos portugueses antigos significando aumento de volume físico (veja-se alvará do Governo Português publicado em 20 de novembro de 1756 citado em Figueiredo, (2011) e Gouveia (1889); mais recentemente encontrei a expressão “avolumação de sujidades” numa tese de mestrado do Instituto Superior Técnico (Ferreira, 2009). Assim, por a palavra já existir na língua portuguesa, referindo justamente aumento de volume, proponho o termo “avolumação” como equivalente de *bulking*.

**Termo: deep DNA sequencing**

Proposta: sequenciação profunda de ADN

Na página eletrónica da empresa Illumina<sup>28</sup> o termo é definido como “sequencing a genomic region multiple times, sometimes hundreds or even thousands of times”, ou seja, a sequenciação repetida, ou múltipla, da mesma região genómica. Assim, inicialmente,

---

<sup>27</sup> [http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng&i=1&srchtxt=sludge+bulking&codom2nd\\_wet=1#resultrecs](http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng&i=1&srchtxt=sludge+bulking&codom2nd_wet=1#resultrecs)

<sup>28</sup> <http://www.illumina.com/technology/next-generation-sequencing/deep-sequencing.html>

considerarei como equivalente a expressão “sequenciação múltipla de ADN”, no entanto segundo o glossário do Cambridge Healthtech Institute<sup>29</sup>, a expressão “deep DNA sequencing” indica “techniques of nucleotide sequence analysis that increase the range, complexity, sensitivity, and accuracy of results by greatly increasing the scale of operations and thus the number of nucleotides, and the number of copies of each nucleotide sequenced.” Esta definição é mais abrangente do que a anterior, pois refere-se não apenas a sequenciação repetida da mesma região genómica mas também a aumento do número de nucleótidos sequenciados. Considerei a hipótese de escolher a expressão “sequenciação total de ADN” mas penso que esta expressão poderia ser interpretada como indicando apenas a sequenciação com aumento do número de nucleótidos sequenciados. No Thesaurus<sup>30</sup> a palavra *deep* é sinónimo de *profound* e de *wide*. Por outro lado, verifiquei na Infopédia que a palavra inglesa *deep* pode significar “intenso” e “profundo” (entre outros significados). A palavra “profundo”, segundo a Infopédia, pode significar “grande, extremo, absoluto, completo”. No *blog* do Professor Alysson Muotri<sup>31</sup> a expressão *deep sequencing* surge como equivalente de “sequenciamento de profundidade” (português do Brasil). Após análise das opções, escolhi como tradução do termo *deep DNA sequencing* a expressão “sequenciação profunda de ADN”, pois parece-me mais adequada para abranger o conjunto de aceções do termo inglês.

**Termo: airlift reactor**

Proposta: reator de arrastamento por gás ascendente

Segundo o IUPAC Compendium of Chemical Terminology<sup>32</sup>, reator “airlift” significa

“bioreactor in which the reaction medium is kept mixed and gassed by introduction of air or another gas (mixture) at the base of a column-like reactor equipped either with a draught tube or another device (e.g. external tube) by which the reactor volume is separated into a gassed and an ungassed region thus generating a vertically circulating flow.”

---

<sup>29</sup> [http://www.genomicglossaries.com/content/sequencing\\_gloss.asp](http://www.genomicglossaries.com/content/sequencing_gloss.asp)

<sup>30</sup> <http://www.thesaurus.com/browse/deep?s=t>

<sup>31</sup> <http://g1.globo.com/platb/espinal/2006/12/>

<sup>32</sup> <http://goldbook.iupac.org/index>



Estes reatores têm assim uma configuração interna adequada a proporcionar uma circulação de ar (ou outro gás ou mistura de gases) injetado conforme se pode ver na Figura 6.3, dividindo o volume reacional em duas zonas: com gaseificação (fluxo ascendente) e sem gaseificação (fluxo descendente). Dado que a ação do fluxo interno de gás ascendente no arrastamento do conteúdo do reator é a característica mais importante deste tipo de reatores, optei pela expressão “reator de arrastamento por gás ascendente”.



Figura 6.3 - Reatores de arrastamento por gás ascendente a) configuração de cilindro dividido; b) configuração de cilindros concêntricos; c) configuração de circulação externa (adaptado de Cerri (2009)).

### Termo: **DNA microarray**

Proposta: microchip de ADN

O termo “microarray” é utilizado em vários textos de biotecnologia em língua portuguesa (veja-se por exemplo Silva (2003) ou a notícia do jornal Público em linha de 16/05/2009<sup>33</sup>. Em alguns textos em língua portuguesa do Brasil, é possível encontrar o termo equivalente em português “microarranjo” (Sousa *et al.*, 2009). A palavra *array* tem, entre outros, os significados de “conjunto”, “série”, “filas”, “fileiras”, “formação militar”, “dispor em ordem de batalha” (Infopédia). Dado que o termo *microarray* significa uma disposição ordenada (arranjada) de um grande número de amostras microscópicas sobre uma mesma superfície de suporte, optei inicialmente por manter o termo “microarranjo”. No entanto, a pesquisa no Google em textos portugueses (de Portugal) revelou que o termo “microchip de ADN” era significativamente mais frequente do que “microarranjo”.

<sup>33</sup><http://www.publico.pt/ciencia/noticia/laboratorio-portugues-fez-listas-de-genes-suspeitos-para-detectar-doencas-1381042>

Assim, e tendo também em conta o equivalente escolhido para *phylochip* (ver abaixo) optei pelo termo “microchip de ADN” como equivalente de *DNA microarray*.

**Termo: phylochip**

Proposta: filochip

O termo *phylochip* significa o mesmo que *microarray* (Rastogi *et al.*, 2011) ou *microchip* (Sousa *et al.*, 2009). O termo inglês *chip* designa, entre outros significados, “small piece of semiconductive material that contains interconnected electronic elements” ou um circuito integrado (Termium Plus) também designado por *microchip*. Apesar de haver um termo equivalente em português (circuito integrado) este não indica claramente a escala micro da peça, pelo que seria preferível o termo “micro circuito integrado”. O termo *chip* é muito utilizado, em português, em diversos registos, tendo derivado para outras aceções em linguagem comum com o sentido de peça de dimensões muito reduzidas contendo informações de comando de circuitos (elétricos, cerebrais, etc). O termo *phylochip* resulta da junção de *chip* com o prefixo *phylo* derivado de *phylum* de origem grega que significa “clã ou tribo”<sup>34</sup> e que, mais especificamente em biologia, significa “a primary category in biological taxonomy especially of animals that ranks above the class and below the kingdom”<sup>35</sup>. O termo *phylochip* significa assim, peça de dimensões reduzidas contendo informação de relações entre grupos biológicos (relações filogenéticas). Por uma questão de grafia, dado que em português, com o Formulário Ortográfico de 1911, o conjunto *ph*, usado nas palavras de origem grega, derivou para a letra “f”, proponho o termo “filochip”.

**Termo: cryosectioning e cryosection**

Proposta: crioseccionamento e criosecção

O termo *cryosectioning* refere-se a uma técnica de corte de amostras em fatias muito finas através do arrefecimento da amostra a temperaturas baixas (abaixo de 0°C) eventualmente com auxílio de um fluido criogénico, ou seja, um fluido

---

<sup>34</sup> <http://www.etymonline.com/index.php?term=phylum>

<sup>35</sup> <http://www.merriam-webster.com/dictionary/phylum>

gerador de frio. O congelamento da amostra aumenta a sua rigidez, o que permite o corte em fatias finas, com espessura de apenas alguns micrómetros (Fisher *et al.*, 2008). O equipamento usado para esta técnica é o crióstato (congelação, ver Infopédia) e o micrótomo (corte, ver Infopédia); Fisher *et al.* (2008) definem o crióstato como um micrótomo colocado dentro de um congelador.

Inicialmente, para equivalente de *cryosectioning*, considerei o termo “criocorte” encontrado em vários textos científicos em português do Brasil (Rodrigues, 2004; Salgado, 2007; Degaki, 2008). Em pesquisas posteriores encontrei, também em português do Brasil, o termo “crioseccionamento” (EMBRAPA, 2013). No entanto, verifiquei que o termo “criosecção” tem mais utilização em Portugal, sendo encontrado em vários textos de medicina e biologia (Trindade, 2008; Carinhas, 2011; Carneiro, 2014), embora num caso verificasse a ocorrência, no mesmo texto, dos dois termos “crioseccionamento” e “criosecção”, referindo-se à técnica, e o termo “criosecção” referindo-se às fatias resultantes do corte (Carinhas, 2011). Assim, proponho para a técnica o termo “crioseccionamento”, dado que se refere inequivocamente ao ato de corte, e para o resultado do corte de amostra, isto é o objeto que é a fatia ultrafina de amostra, proponho o termo “criosecção”.

#### **Termo: mismatch**

Proposta: falha de correspondência

Conforme foi explicado no Capítulo 2 deste trabalho, o emparelhamento das cadeias de ácido nucleico é feito devido à correspondência entre as sequências das bases nucleotídicas das duas cadeias. Sucede que nessa correspondência podem ocorrer falhas (Fig. 6.4), isto é a correspondência pode não ser completa ou a 100%, ou seja um emparelhamento incorreto de bases (Cordeiro, 2012), o que é indicado em inglês pelo termo *mismatch*. Assim, proponho como equivalente a expressão “falhas de correspondência”.

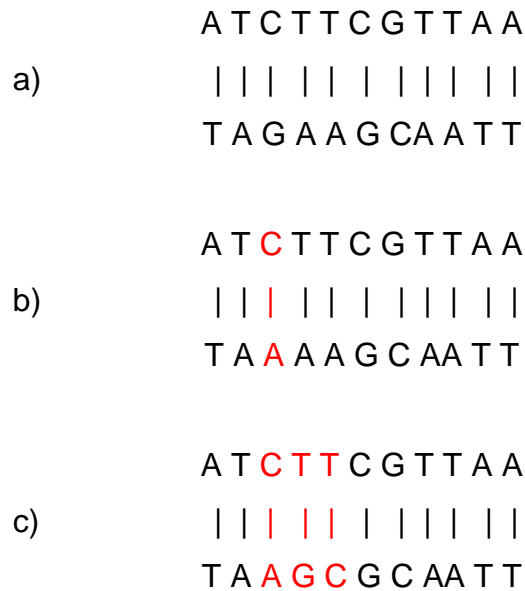


Figura 6.4 - Correspondência entre sequências a) correspondência de 100% b) falha de correspondência única c) falha de correspondência múltipla.

**Termo: nonsense probe**

Proposta: sonda não específica

A expressão *nonsense probe* refere-se a uma sonda, isto é uma cadeia de nucleótidos, que se pode ligar a várias outras sequências de nucleótidos, ou seja uma sonda que não tem como alvo apenas uma sequência específica de nucleótidos (Klotz e Stein, 2011); geralmente esta sonda é usada para controlo nas experiências de hibridização (Koji, 2000; Seckbach, 2013; Swidsinski, 2006). Assim, proponho a expressão “sonda não específica” como equivalente de *nonsense probe*.

**Termo: stringency**

Proposta: estringência

Segundo a Infopédia, a palavra *stringency* tem, entre outros, o significado de “rigor”. Na área da bioquímica, o termo *stringency* denota “the degree of homology between the probe and the filter bound nucleic acid” (North Dakota State

University<sup>36</sup>. Primrose e Twyman (2006), apresentam a seguinte explicação do termo: “Stringency can be regarded as the specificity with which a particular target sequence is detected by hybridization to a probe. Thus, at high stringency, only completely complementary sequences will be bound, whereas low-stringency conditions will allow hybridization to partially matched sequences.” Outra explicação encontrada foi: “the extent to which hybridization can occur between nucleic acids with mismatched sequences. At high stringency, duplexes form only between strands with perfect complementarity while lower stringency allows annealing between strands with some degree of mismatch between bases.” (Lima, 2013). Em alguns textos portugueses verifiquei que era usado o termo inglês. Num texto em português (Martins, 2009) encontrei o termo “estringência”, definido como “medida da probabilidade em que uma dupla cadeia se dissocia nas cadeias simples que a constituem, sendo também uma medida da capacidade da cadeia simples de uma molécula de ácido nucleico para distinguir entre as moléculas que partilham um elevado grau de complementaridade e as que apresentam menor complementaridade.” Tendo em vista o significado do termo e a ocorrência em textos portugueses, proponho o termo “estringência” como equivalente de *stringency*.

#### Termo: **hairpin structure**

Proposta: estrutura em gancho

Segundo o sítio eletrónico Stanford Education<sup>37</sup> a expressão *hairpin structure* aplica-se “When a single strand of DNA curls back on itself to become self-complementary, the result is a partial double helix with a bend in it.” Ou seja, conforme também discuti com a investigadora Sílvia A. Sousa, pode suceder que uma cadeia de ácido nucleico tenha duas sequências complementares, as quais, em certas condições, podem hibridizar entre si formando, assim, uma ligação intramolecular que dá origem a uma estrutura em forma de gancho de cabelo, designada em inglês por *hairpin structure* (Fig. 6.5). Verifiquei o uso do termo *hairpin* em textos portugueses (Santos, 2012) e também o uso da expressão

---

<sup>36</sup> <https://www.ndsu.edu/pubweb/~mcclean/plsc731/dna/dna6.htm>

<sup>37</sup> [http://web.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/hopes\\_test/all-about-mutations/](http://web.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/hopes_test/all-about-mutations/)

“estrutura em gancho” num sumário da Unidade Curricular de Biologia Molecular da Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa (ano letivo 2007-2008).<sup>38</sup> Considero, assim, que a expressão “estrutura em gancho” é adequada para descrever o conceito e proponho-a como equivalente de *hairpin structure*.

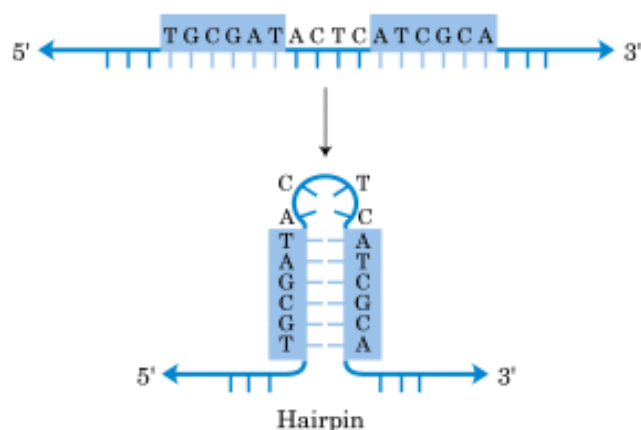


Figura 6.5 - Estrutura de ADN em gancho (adaptado de StudyBlue.com<sup>39</sup>).

Termo: **annealing**

Proposta: emparelhamento

Na base de dados terminológicos Termium Plus o termo *annealing* na área da genética é traduzido para o francês como *annelage* com o significado “Hybridation d'un oligonucléotide synthétique à un acide nucléique simple brin.” A definição em inglês é “the return by slow conversion of a denaturated nucleic acid... to its “native” configuration”. De acordo com o dicionário em linha MediLexicon<sup>40</sup>, o termo *annealing* significa “The pairing of complementary single strands of DNA; or of DNA-RNA.” sendo sinónimo de *nucleic acid hybridization*. No dicionário em linha The Free Dictionary<sup>41</sup>, o termo é explicado como “in molecular biology, to cause the association or reassociation of single-stranded nucleic acids so that double-stranded molecules are formed, often by heating and cooling.”

No entanto, no filme em linha da página eletrónica de Science Student Center-

<sup>38</sup> <http://www.ff.ul.pt/~iarivera/BM%20-%20Sumários%202007-2008.pdf>

<sup>39</sup> <https://www.studyblue.com/#flashcard/view/6008091>

<sup>40</sup> [medilexicon.com](http://medilexicon.com)

<sup>41</sup> <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/anneal>

McGraw-Hill<sup>42</sup> é explicado que o termo *annealing* se refere a ligação entre cadeias complementares de ácido nucleico enquanto que o termo *hybridization* é a ligação de cadeias complementares de ácido nucleico de origens diferentes (o que está de acordo com o significado comum do termo “hibridização”). Assim o termo *annealing* é um hiperônimo de *hybridization*. O termo *annealing* ocorre em textos da língua portuguesa (Miguel, 2007; Silva, 2014) e nas publicações de David *et al.* (2005) ou Silva (2012) verifiquei que esse termo é equivalente ao termo “emparelhamento”. Assim, proponho o termo “emparelhamento” como equivalente de *annealing*.

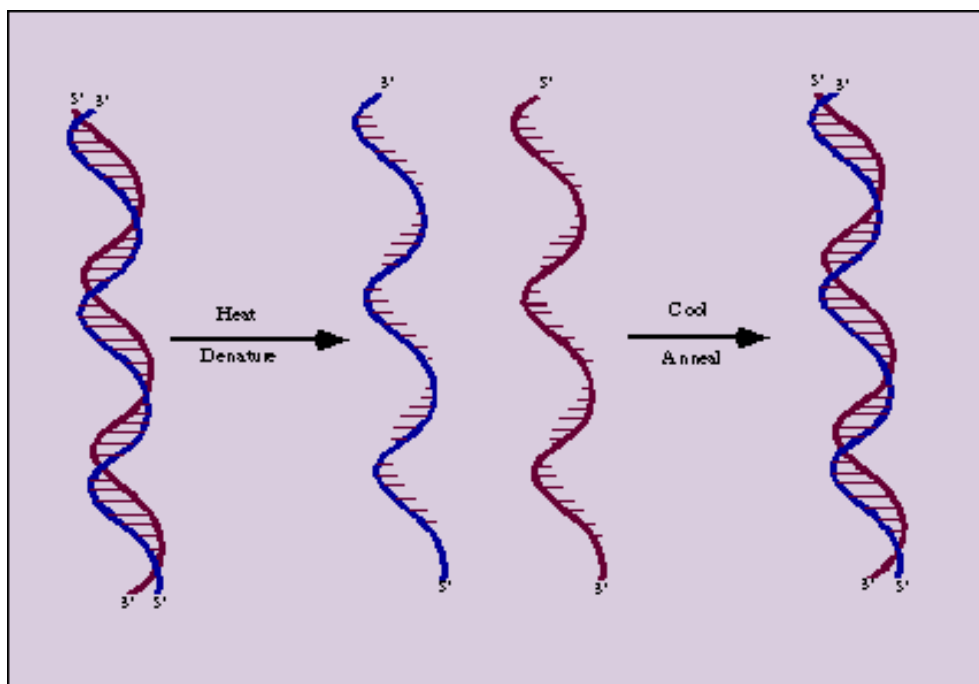


Figura 6.6 - Desnaturação e emparelhamento de cadeias de ADN (retirado do sítio eletrônico da Universidade do Michigan.<sup>43</sup>)

Termo: **self-annealing**

Proposta: auto-emparelhamento

Zourob (2010) descreve dois tipos de self-annealing: “self-annealing interactions include hairpin and self-annealing between two oligos. Hairpins are caused by self-annealing between the folded-back ends of an oligo with a loop. Self-annealing between two oligos can occur when an oligo sequence includes two

<sup>42</sup>[https://highered.mheducation.com/sites/9834092339/student\\_view0/chapter17/dna\\_probe\\_dna\\_hybridization\\_.html](https://highered.mheducation.com/sites/9834092339/student_view0/chapter17/dna_probe_dna_hybridization_.html)

segments that are the reverse complement of each other.” Ou seja, o fenômeno de self-annealing divide-se entre a formação de estruturas em gancho (hairpin) e a formação de ligações intermoleculares entre dois oligonucleótidos iguais (Fig. 6.7). Tendo em conta a definição de Zourob, e por analogia com a proposta para o termo *annealing*, proponho o termo “auto-emparelhamento” como equivalente de *self-annealing*.



Figura 6.7 - Auto-emparelhamento intermolecular<sup>44</sup>.

Termo: **helper probe**

Proposta: sonda auxiliar

No texto de partida o termo *helper probe* é definido como:

“unlabeled probes designed to target rRNA sequences adjacent to the FISH probe target site, and are believed to open secondary and tertiary structures and thereby increase accessibility of the FISH probe.”

(Chapter 7 – Protocol...)

Fuchs et al. (2000) apresentam a definição seguinte: “unlabeled oligonucleotides (helpers) that bind adjacent to the probe target site.”

Por fim na Patente BASF SE, 2012<sup>45</sup> encontrei a explicação seguinte:

“hibridación fluorescente in situ (FISH) pero también emplea una sonda auxiliar con el fin de amplificar la señal. Las sondas auxiliares son oligonucleótidos no marcados que se unen a regiones adyacentes a la

<sup>43</sup> <https://seqcore.brcf.med.umich.edu/doc/educ/dnapr/pg2.html>

<sup>44</sup> <http://biosettia.com/shrna/>



seleccionada como diana por la sonda marcada específica. Esto potencia la accesibilidad *in situ* y por tanto la señal conferida por la sonda.”

Considerando, por um lado, o significado do termo, e por outro, o seu equivalente em espanhol, proponho o termo “sonda auxiliar” como equivalente em português de *helper probe*.

Termo: **competitor probe**

Proposta: sonda competidora

Na página eletrónica SILVA rRNA database project<sup>46</sup> encontrei uma definição do termo: “Competitors are unlabeled oligonucleotides which are fully complementary to the mismatch-containing non-target sequence.” Em Hugenholtz (2001) o texto seguinte permite compreender o significado do termo:

“Nonspecific hybridization of a FISH probe to nontarget sequences with a single mismatch to that probe may not be discriminated from specific target sequence hybridization regardless of stringency. Inclusion of an unlabeled oligonucleotide complementary to these nontarget sequences (competitor probe) should prevent hybridization of the FISH probe (and therefore nonspecific signal) by competing for the target site.”

Na patente de Larose *et al.*, (2001) também foi possível verificar o significado do termo:

“rRNA competitor probe: a DNA oligonucleotide with the same sequence as part of a ribosomal RNA-cDNA sequence and capable of competing with the microarray capture probe for hybridization with a rRNA-derived cDNA.”

A pesquisa no Google não devolveu nenhuma ocorrência de “sonda competidora” em páginas de Portugal, mas, face ao significado encontrado para o termo inglês,

---

<sup>45</sup> <http://patentados.com/patente/deteccion-y-recuento-de-microorganismos/>

<sup>46</sup> <http://www.arb-silva.de/fish-probes/testing/>

proponho “sonda competidora” como equivalente de *competitor probe*.

# **Capítulo 7**

## **Fase da pós-tradução**



## **7 Fase da pós-tradução**

A fase da pós-tradução inclui todas as tarefas realizadas após a tradução dos textos, incluindo o controlo da qualidade da tradução como parte da garantia da qualidade do processo. Neste trabalho, a fase de pós-tradução incluiu também a elaboração de um conjunto de fichas terminológicas (Apêndice 1).

### **7.1 Qualidade da tradução**

A fase de controlo da qualidade da tradução deve partir da definição dos critérios de qualidade a cumprir, e a conformidade com esses critérios é verificada nas etapas de revisão e edição dos textos de chegada.

#### **7.1.1 Critérios de qualidade na tradução**

Como todas as questões relacionadas com a Qualidade, a avaliação das traduções deve ser feita seguindo critérios pré-estabelecidos referentes a vários aspetos da tradução. Segundo Williams (2004), podem ser avaliados os seguintes tipos de erros:

- de significado, quando o significado do texto de chegada é diferente do do texto de partida
- de forma, quando ocorre um erro de gramática ou de ortografia que não altera o significado do texto de chegada em relação ao texto de partida
- de conformidade, quando a tradução não está conforme os requisitos de estilo, de terminologia ou outros requisitos estabelecidos no *skopos*. Note-se que a tradução pode não conter erros de significado e/ou de forma e ainda assim ter erros de conformidade.

Montalt-Ressurrecció e González-Davies (2007) definiram cinco áreas de avaliação da qualidade das traduções:

- Coerência entre os dois textos

- Coerência no texto de chegada
- Terminologia
- Gramática e estilo
- Apresentação formal

Finalmente, dado que o propósito do texto de chegada (*skopos*) deve estar expresso nas Instruções de Tradução, o primeiro critério de qualidade para avaliação da tradução será o cumprimento do *skopos* aí estabelecido. Assim, a tradução deve ser avaliada em termos de se adaptar ao leitor de chegada e à situação de comunicação prevista pelo iniciador da tradução, ou seja, em termos de adequação. Uma vez que os textos tratados no presente trabalho, eram textos técnicos e científicos, e a função dos textos de chegada não diferia da função dos textos de partida, o critério de qualidade seguido foi a equivalência entre os textos de partida e os textos de chegada.

Numa avaliação mais completa e exigente podem ser estabelecidos critérios e metodologias para a avaliação quantitativa da qualidade das traduções (Williams, 2004) No método estabelecido por Williams, os erros são categorizados em tipologias e seguidamente classificados como críticos, graves ou pouco graves, sendo essas classificações traduzidas em valores numéricos que dão origem a um Índice de Qualidade da Tradução. Esta metodologia, que permite traçar cartas de controlo, é especialmente aplicável ao controlo de qualidade de grandes volumes de traduções, como sucede, por exemplo, nas agências de tradução.

### **7.1.2 Revisão e edição**

Após a realização da tradução, deve ser feita uma revisão cuidadosa de forma a detetar e eliminar erros, pois é frequente a ocorrência de lapsos que não são detetados em fases anteriores do processo. É difícil para o tradutor detetar tais erros mesmo que decorra algum tempo entre a fase de tradução e a revisão (o que raramente é possível); assim é de toda a conveniência que a revisão seja

feita por outra pessoa que não o próprio tradutor, ou seja, o revisor. No caso do presente trabalho, a tradução foi revista em duas fases: fase de revisão técnica e fase de revisão tradutológica. A revisão técnica foi realizada por uma especialista na área da bioquímica (Doutora Sílvia A. Sousa, do iBB - Institute for Bioengineering and Biosciences, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, veja-se Capítulo 6). A revisão tradutológica, feita pela orientadora deste trabalho, Professora Doutora Maria Teresa Roberto Cruz, referiu-se a aspetos gramaticais, de fluidez e naturalidade dos textos de chegada, bem como à escolha e discussão de termos traduzidos.

Finalmente, os textos foram fornecidos a uma bolsista do Programa Doutoral em Ciências e Engenharia do Ambiente da Universidade de Aveiro, com formação pós-graduada em Engenharia do Ambiente (Eng<sup>a</sup> Cátia Couras), tendo-se analisado a compreensão dos textos e a facilidade de utilização.

Após a revisão, procedeu-se à edição dos textos de forma a manter o mais possível os formatos dos textos de partida, o que foi especialmente importante no caso do segundo texto traduzido (Capítulo 7 – Protocolo) dada a sua utilização prevista em laboratório, como texto de instrução. Como se disse no Capítulo 6, a utilização da ferramenta *memoQ* teve alguns problemas, pelo que não foi possível manter a formatação original dos documentos aquando da tradução. Por essa razão, a formatação foi feita *a posteriori* sobre os documentos em formato *word*.

## **7.2 Elaboração de fichas terminológicas**

Os dois textos traduzidos neste trabalho dizem respeito à metodologia FISH para monitorização de microrganismos em ETAR. Após a leitura dos textos de partida, foi feita a extração dos termos que não tinham equivalente consolidado em português. A extração dos termos foi seguida da construção do modelo de ficha terminológica, optando-se por incluir os seguintes campos:

- 1) termo em inglês
- 2) tradução do termo em português
- 3) definição do termo em inglês

- 4) definição do termo em português
- 5) fonte da definição em inglês
- 6) fonte da definição em português

Sempre que possível, privilegiaram-se as fontes de definição em português de Portugal e apenas nos casos em que tal não foi possível se recorreu a fontes de português do Brasil.

Nas fichas terminológicas elaboradas não foram incluídos todos os campos apresentados na Figura 4.3, pois em muitos casos não foi possível, por exemplo, apresentar as marcas de uso, dado alguns termos não existirem ainda em português.

O conjunto de fichas terminológicas, elaborado como resultado do processo de tradução, apresenta-se no Apêndice 1 deste relatório.



# **Capítulo 8**

## **Reflexão crítica**



## 8 Reflexão crítica

Este projeto de tradução revelou-se um desafio maior do que o inicialmente previsto, no entanto foi um projeto muito aliciante por várias razões. Em primeiro lugar, permitiu-me melhorar substancialmente o meu conhecimento sobre a metodologia FISH para a monitorização microbiana em ETAR, conhecimento que me é de extrema utilidade na minha vida profissional. Em segundo lugar, mas não menos importante, o projeto levou-me a aplicar conhecimentos que fui adquirindo ao longo do curso de Mestrado em Tradução Especializada, dos quais foram relevantes a sistematização de estratégias de tradução, a utilização de ferramentas de tradução, especificamente o *memoQ*, e a construção das fichas terminológicas. Quanto ao estudo necessário para a elaboração do trabalho, considero que me será extremamente útil na minha atividade profissional, o conhecimento dos géneros textuais e especialmente o trabalho de Swales (1990) sobre os movimentos retóricos em artigos científicos.

Durante alguns anos, antes de ingressar no corpo docente da Universidade de Aveiro, fiz bastantes traduções técnicas, tendo adquirido alguma experiência em tradução técnica e científica, embora sem nenhuma formação específica em tradução. Este projeto constituiu o primeiro exercício de tradução, após vários anos sem traduzir e após a conclusão da parte escolar do Mestrado e, por essa razão, teve um interesse especial, pois fiz a tradução com base no que aprendi no curso e não apenas por “intuição”. Assim, a primeira conclusão que tiro deste trabalho refere-se à utilidade dos princípios e metodologias de tradução abordadas no Capítulo 3. Por outro lado, apesar de este projeto tratar de textos técnicos e científicos, em princípio textos objetivos, compreendi melhor o que diz Umberto Eco (2006) sobre a tradução: “une bonne traduction est toujours une contribution critique à la compréhension de l’oeuvre traduite. Une traduction oriente toujours à un certain type de lecture de l’oeuvre, comme le fait la critique proprement dite, parce que, si le traducteur a négocié en choisissant de porter son attention sur certains niveaux de lecture du texte, il a automatiquement focalisé sur eux l’attention du lecteur.” Assim, a conclusão principal que tiro deste projeto é que a atividade de traduzir é muito mais nobre do que uma mera transposição

linguística (o que o tradutor do Google já faz razoavelmente bem) e que, ao contrário do que pensava no início do Mestrado, não basta saber alguma ciência para traduzir qualquer ciência. Fiquei também consciente de que a tradução científica, embora difícil e exigente em termos de conhecimento da área da especialidade, não é a mais desafiadora, o que me despertou o desejo de um dia traduzir outro tipo de textos.

Como sugestões de trabalho futuro, considero que teria interesse:

- adaptação dos textos traduzidos para um público com menos conhecimentos da especialidade ;
- a tradução de outros capítulos do livro, especialmente o Capítulo 8, o qual trata da aplicação de FISH para quantificação de microrganismos;
- a elaboração de um glossário mais completo para a área da monitorização microbiana em ETAR.

Apesar de ter consciência de que todo o trabalho pode ser melhorado, e este não será certamente uma exceção, estou satisfeita com o resultado global do projeto e, principalmente, com o que aprendi, e espero que, num futuro próximo, as traduções que fiz sejam úteis para o laboratório de águas do DAO/UA e para outros laboratórios.

## **Bibliografia**



## Bibliografia

- Abreu, A. (2004) Identificação de bactérias filamentosas em processos de lamas activadas através da técnica de hibridização in-situ de fluorescência (FISH). Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Alves, I.M. (1990) *Neologismo: criação lexical*. São Paulo: Editora Ática.
- Auger, P. (1988) La terminologie au Quebec et dans le monde, de la naissance à la maturité. Atas do Sixième Colloque OLF-STQ de terminologie. L'ère nouvelle de la terminologie, 27-59. Quebec:Gouvernement du Quebec.
- Asuming-Brempong, S. (2012) Microarray Technology and Its Applicability in Soil Science—A Short Review. *Open Journal of Soil Science*, 2, 333-340.
- Austermühl, F. (2001) *Electronic Tools for Translators*. Manchester: St Jerome
- Baker, M. (1992) *In other words: Coursebook on translation*. London: Routledge.
- Bánhegyi, M. (2012) Translation Shifts and Translator Strategies in the Hungarian Translation of Alice Munro's "Boys and Girls", *Central European Journal of Canadian Studies* 8, 89-102
- Beeby, A., Fernández, M., Fox, O., Albir, A., Kuznik, A., Neunzig, W., Rodríguez, P., Romero, L. & Wimmer, S. (2010) Results of the Validation of the PACTE Translation Competence Model: Translation Project and Dynamic Translation Index", in O'Brien, Sharon (ed.) *IATIS Yearbook 2010*, Londres: Continuum
- Beghtol, C. (2000). The Concept of Genre and Its Characteristics. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 27 (2).
- Bellos, D. (2012) *Is that a fish in your ear? The amazing adventure of translation*. London, England: Penguin Books.
- Bhatia, V.K. (1993) *Analysing genre: Language use in professional settings* London and New York: Longman.
- Bhatia, V.K. (1997) Genre mixing in academic introductions, *English for Specific Purposes*, 16(3), 181-195.
- Bühler, K. (1934) *Sprachtheorie: Die Darstellungsfunktion der Sprache*. Jena: G. Fischer.
- Byrne, J. (2012) *Scientific and technical translation explained, a nuts and bolts guide for beginners*. London & New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cabré, T. (1998) *Terminology-Theory, methods and applications*. Amesterdam: Eds John Benjamins.
- Campos, R. (2008) Um estudo sobre processamento e análise de imagens de microarranjos de DNA. Trabalho de Graduação em Engenharia da Computação, Centro de Informática, Universidade federal de Pernambuco, Recife.
- Carinhas, J. (2011) Estudo do efeito anti-angiogénico de novos alvos terapêuticos no tratamento do carcinoma mamário. Dissertação de Mestrado em Genética

Molecular e Biomedicina, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

- Carneiro, J. (2014) Hiperatividade vesical - Papel dos receptores P2Y uroteliais. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto
- Carvalho, M. (2014) The effect of key process operational conditions on enhanced biological phosphorus removal from wastewater. Tese de Doutoramento em Química Sustentável, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa
- Catford, J.C. (1965) *A Linguistic Theory of Translation*. London: OUP.
- Cerri, M. (2009) Hidrodinâmica e transferência de oxigênio em três biorreatores airlift de circulação interna geometricamente semelhantes. Tese de Doutoramento em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Christensen, H., Hansen, M. & Sorensen, J. (1999) Counting and size classification of active soil bacteria by fluorescence in situ hybridization with an rRNA oligonucleotide probe. *Appl Environ Microbiol.* 65(4),1753-61.
- Collier, J.H. & Toomey, D.M. (1997) *Scientific and Technical Communication: Theory, Practice, and Policy* (Digital Edition)
- Copeck, T., Barker, K., Deslisle, S., Szpakowiks, S. & Delannoy, J-F. (1997) What is technical text?, *Language Sciences*, 19(4), 391-423.
- Cordeiro, M. (2012) Desenvolvimento de Primer universal de SBE para Codificação Espectral de SNP. Dissertação de Mestrado em Biotecnologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Darien, S. (2000) The role of figurative language in introductory science texts. *International Journal of Applied Linguistics*, 10(2), 163-186.
- David, S., Portugal, C., Antunes, A., Calado, A., Cardoso, A., Barros, V., Sancho, L., Sousa, J. Spoligotyping e polimorfismo do gene *pncA*: Um cenário em duas etapas para o diagnóstico de *Mycobacterium bovis* em Portugal, *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 2005, Nov-Dez 11(6), 533-556.
- Degaki, K. (2008) Perfis das expressões dos genes de mediadores envolvidos na resposta imune inata das células unk de camundongos de gestação normal e sob estresse induzido pela lesão cirúrgica do embrião. Dissertação de Mestrado em Biologia Celular e Estrutural, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Domanska, M., Kuhn, R., Lomotowski, J. & Stanczyk, E. (2014) Fish method for identification of microbes in wastewater distribution systems, *Environment Protection Engineering*, 40 (3),151-160.
- Doody, A., Follinger, S. & Taub, L. (2012) Structures and strategies in ancient Greek and Roman technical writing: An introduction, *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, 233-236.



- Dubuc, R. (1992) – *Manuel pratique de terminologie*. – 3<sup>e</sup> éd. ent. rev. et mise à jour. Montréal : Linguatéc.
- Durão, M. (2007) Tradução Científica e Técnica: Proposta para a Formação de Tradutores Pluricompetentes Especializados na Produção de Documentação Científica e Técnica do Inglês para o Português, Tese de Doutoramento em Estudos Portugueses, Universidade Aberta, Lisboa.
- Eco, U. (2006) *Dire presque la même chose – Expériences de traduction*. Paris: Éditions Grasset et Fasquelle.
- EMBRAPA (2013) Processo Administrativo n.o 139/2013 de 05/08/2013.
- Esselink, B. (1998) *A Practical Guide to Software Localization: For Translators, Engineers and Project Managers*. Amsterdam: Eds John Benjamins.
- Estima, C. (2011) O gênero textual de protocolos no ambiente de aprendizado de estudantes técnicos em biotecnologia. *Anais do SILEL*, 2(2), 1-10.
- Fairclough, N. (1992) *Discourse and social change*. London: Polity.
- Ferber, H. (1984) *Terminology Manual*. Viena: Infoterm.
- Ferreira, L (2009) Rendimentos e custos em actividades de manutenção de edifícios-Coberturas de edifícios correntes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Figueiredo, F. (2011) José Monteiro da Rocha e a Actividade Científica da “Faculdade de Mathematica” e do “Real Observatório da Universidade de Coimbra”: 1772-1820. Tese de Doutoramento em Matemática, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Fischer, A., Jacobson, K., Rose, J. & Zeller, R. (2008) Cryosectioning Tissues. *CSH Protocols*, 3(8).
- Frunza, O. & Inkpen, D. (2009) Identification and Disambiguation of Cognates, False Friends, and Partial Cognates Using Machine Learning Techniques. *International Journal of Linguistics* 1(1) E2, 1-37.
- Fuchs, B., Glockner, F., Wulf, J. & Amann, R. (2000) Unlabeled Helper Oligonucleotides Increase the In Situ Accessibility to 16S rRNA of Fluorescently Labeled Oligonucleotide Probes. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(8), 3603–3607
- Gall, J.G. & Pardue, M.L. (1969) Formation and detection of RNA–DNA hybrid molecules in cytological preparations. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 63, 378–383.
- Gamero-Pérez, S. (2001) *La traducción de textos técnicos*. Barcelona: Ariel.
- Garcia, I. (1992) A Tradução do Texto Técnico-Científico, *A Ilha do Desterro*, 28, 75-85
- Gile, D. (1995) *Basic Concepts and Models for Interpreter and Translator Training*. Amsterdam: John Benjamins.

- Gouadec, D. (2007) *Translation as a Profession*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Gouveia, S. (1889) Algumas Palavras sobre as Dyspepsias, Dissertação Inaugural, Escola Médico-Cirúrgica do Porto, Porto
- Granger, S. & Swallow, H. (1988) False Friends: A Kaleidoscope of Translations Difficulties, *Langage et l'Homme*, 23(2), 108-120.
- Hager, P.J. (2000) Global Graphics: Effectively Managing Visual Rhetoric for International Audiences. In *Managing Global Communication in Science and Technology*, Peter J. Hager & H. J. Scheiber (eds.), 21- 43. New York: John Wiley & Sons.
- Hällfors, M.H., Vaara, E.M., Hyvärinen, M., Oksanen, M., Schulman, L., Siipi, H. & Lehvävirta, S. (2014) Coming to terms with the concept of moving species threatened by climate change – a systematic review of the terminology and definitions, *PLOS ONE*, 9(7), 1-13.
- Harvey, K. (1998) Compensation in M. Baker (ed.). *Routledge Encyclopedia of Translation Studies* (pp. 37-40). London and New York: Routledge.
- House, J. (1977) *A model for translation quality assessment*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Hugenholtz, P., Tyson, G.W. & Blackall L.L. (2001) Design and Evaluation of 16S rRNA-Targeted Oligonucleotide Probes for Fluorescence *In Situ* Hybridization. *Methods in Molecular Biology*, vol. 176: *Steroid Receptor Methods: Protocols and Assays*, Totowa, NJ: B. A. Lieberman, Humana Press Inc.,
- Hutchins, J. (1977) On the structure of scientific texts. *UEA Papers in Linguistics*, 18-39.
- IATE  
<http://iate.europa.eu/SearchByQueryLoad.do;jsessionid=yGGpJN4WYK1mwKlTRzXG4yS87lIT00QBnNPjhKJZGbk3bg71TvnJ!-451898172?method=load=>) (consultado em 15 de dezembro de 2014).
- ISO-International Organization for Standardization  
[http://www.iso.org/iso/home.htm?=</a>](http://www.iso.org/iso/home.htm?=) (consultado em 15 de dezembro de 2014).
- Jakobson, R. (1959) On linguistic aspects of Translation, in Brower (ed.) 232-9.
- Junqueira, I. (2012) A poesia é traduzível? *Estudos Avançados* 26(76), 9-14.
- Kingscott, G. (2002) Studies in Translatology. *Perspectives* 10(4), 247–255.
- Klaudy, K. (2005) *Bevezetés a fordítás gyakorlataiba [Introduction to the Practice of Translation]*. Budapest: Scholastica, 2005.
- Klaudy, K. (2003) *Languages in Translation*. Budapest: Scholastica.
- Klotz, M.G. & Stein, L.Y. (Eds). (2011). *Methods in Enzymology*, Vol. 496, in *Research on Nitrification and Related Processes, Part B*, (2-524). Oxford: Academic Press (Elsevier Inc.).

- Kobylnski, E., Steichen, M., Koch, D., Bunch, D. & Ratzki, T. (2014) What Everyone Should Know About Enhanced Biological Phosphorus Removal, *Wateronline.com*
- Koji, T. (ed.) (2000) *Molecular Histochemical Techniques*. Springer: Tokyo
- Koller, W., (1979) The concept of equivalence and the object of translation studies, *Target*, 7(2), 191-222.
- Koulaidis, V., Dimopoulos, K. & Sklaveniti, S. (2001) Analysing the Texts of Science and Technology: School Science Textbooks and Daily Press Articles in the Public Domain. *Proceedings of the Learning Conference 2001*, Spetses, Greece, 4-8 July 2001.
- Lakatosova, M. & Holeckova, B. (2007) Fluorescence in situ hybridization, *Biologia*, Bratislava, 62(3), 243-250.
- Larose, A-M., LeBlanc, M. & Camato, R. (2001) Method for normalizing the relative intensities of detection signals in hybridization arrays. United States Patent Application Publication Pub.No.:US2003/0148286A1
- Levsky, J.M. & Singer, R.H. (2003) Fluorescence in situ hybridization: past, present and future. *Journal of Cell Science*, 116, 2633-2638.
- Lima, C. (2013) Application of response surface methodology (RSM) to optimize the hybridization efficiency of a PNA probe targeting *Saccharomyces cerevisiae*. Dissertação de Mestrado em Bioengenharia, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- Locke, D. (1992) *Science as writing*. New Haven, EUA & Londres: Yale University Press.
- Loettgers, A. (2013) Metaphors advance scientific research, *Nature* 502(7471), 303-303.
- Loyson, P. (2009) Influences from Greek on chemical terminology. *Journal of Chemical Education*, 86(9), 1195-1199.
- Loyson, P. (2010) Influences from Latin on chemical terminology. *Journal of Chemical Education*, 87(12), 1303-1307.
- Luzón, M.J. (2005) Genre analysis in technical communication, *IEEE on Professional Communication*, 48(3), 285-294.
- Martins, A. (2009) Purificação de RNA por cromatografia de afinidade com histidina imobilizada. Dissertação de Mestrado em Bioquímica, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- Martins, T. (2010) Conversão de compostos nitrogenados em reatores biológicos: operação, caracterização microbiológica e filogenética. Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Mendoza, I. & Ponce, N. (2009) Proposal for the Analysis of the Source Text in the Comprehension Phase of the Translation Process: Contextualization and Analysis of Extra-linguistic and Intra-linguistic Aspects. *Redit* 2, 128-150.

- Miguel, A. (2007) Aplicação da técnica de PCR na pesquisa de bactérias patogénicas em biofilmes de condutas e reservatórios de água do sistema de distribuição da EPAL, Dissertação de Mestrado em Engenharia Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Montalt-Resurrecció, V. & González-Davies, M. (2007) *Medical Translation Step by Step*. Manchester: St Jerome Publishing.
- Montgomery, S. (2004) Of towers, walls and fields: perspectives on languages in science. *Science* 303,1333-1335.
- Nefedova, L. & Remkhe, I. (2014) Towards Cognitive Modelling of the Technical Translation Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 154, 237–244.
- Newmark, P. (1997) Communicative and semantic translation, *Babel*, 23(4), 163-180.
- Newmark, P. (1988) *Approaches to translation*. Hertfordshire: Prentice Hall.
- Nida, E. & Taber, C. (1969-1982) *The theory and practice of translation*. Leiden: E.J.Brill.
- Nida, E. (1964) *Toward a Science of Translating*. Leiden: E.J.Brill.
- Nielsen, P.H., Daims, H. & Lemmer, H. (eds.) (2009) FISH Handbook for Biological Wastewater Treatment: Identification and Quantification of Microorganisms in Activated Sludge and Biofilms by FISH. London: IWA Publishing
- Nord, C. (1997) *Translating as a Purposeful Activity*. Manchester: St Jerome Publishing.
- Nord, C. (2005) *Text Analysis in Translation*. Amsterdam and New York: Rodopi.
- Ormeci, B. & Linden, K.G. (2008) Development of a fluorescence in situ hybridization protocol for the identification of micro-organisms associated with wastewater particles and flocs. *Journal of Environmental Science and Health Part A- Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 43(13), 1484-1488.
- Pauwels, E. (2013) Mind the metaphor (Communication). *Nature* 500(7464), 523-524.
- Pereira, G.L., Rosa, K.O., Curi, R.A., Regitano, C.A. & Mota, M.D.S. (2013) Estado da arte do sequenciamento genômico da pecuária. *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, SP, 29(3), 190-199.
- Pinchuck, I. (1977) *Scientific and technical translation*. London: André Deutsch Ltd.
- Primrose, S. & Twyman, R. (2006) *Principles of Gene Manipulation and Genomics*. Malden, USA: Blackwell Publishing.

- Public Works and Government Services Canada - The Pavel Terminology Tutorial*, <http://www.bt-tb.tpsgc-pwgsc.gc.ca/btb.php?lang=eng&cont=308> (consultado em 18 de outubro de 2014).
- Quintas, A., Freire, A. & Halpern, M. (2008) *Bioquímica – Organização Molecular da Vida*. Lisboa: Editora Lidel-Edições Técnicas.
- Rabadán, R. & Fernández Nistal, P. (2002) *La traducción inglés-español: fundamentos, herramientas, aplicaciones*. León: Universidad de León, Secretariado de publicaciones.
- Rastogi, G., Osman, S. Kukkadapu, K., Engelhard, M., Vaishampayan, P.A., Andersen, G.L. & Sanj, R.K. (2011) Microbial and mineralogical characterization of soils collected from the deep biosphere of the former homestake Gold Mine, South Dakota, DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.
- Reiss, K. & Vermeer, H.J. (1984) *Grundlagen einer allgemeinen Translationstheorie*, Tübingen.
- Rodrigues, L. (2004) Expressão e distribuição da conexina 32 em fígados com fibrose experimentalmente induzida. Dissertação de Mestrado em Ciências, Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rose, D. (1997) Science, Technology and Technical Literacies. In *Genre and Institutions: Social Processes in the Workplace and School*, eds. Frances Christie e J. R. Martin, 40-72. London: Continuum.
- Rus, D. (2014) Technical communication as strategic communication. characteristics of the English technical discourse. *Procedia Technology* 12 ,654 – 658
- Salgado, L. (2007) Relação entre a localização intracelular de metabólitos secundários e suas múltiplas funções em macroalgas marinhas. Tese de Doutorado em Ciências, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Santos, A. (2012) Avaliação da proteção conferida pela via de sinalização do NRF2 num modelo experimental de sobrecarga de ferro in vivo. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Bioquímica em Saúde, Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto.
- Santos, J. (2013) Understanding the Microbial Ecology and Ecophysiology of Enhanced Biological Phosphorus Removal Processes through Metabolic Modelling and Experimental Studies. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química e Biológica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Seckbach, J., Oren, A. & Stan-Lotter, H. (eds.) (2013) *Polyextremophiles: Life Under Multiple Forms of Stress*. Springer, Tokyo.
- Silva L. (2003) Seleção de variáveis em microarrays de ADN. Mestrado em Estatística, Departamento de Matematica Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

- Silva, S. (2012) Caracterização in vitro de siRNAs ionicamente modificados, Dissertação de Mestrado em Genética Molecular e Biomedicina, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Sousa, J. (2011) Caracterização da decantabilidade das lamas activadas da ETAR de Sobreiras, Porto, via determinação fisiológica global através da monitorização de Sour. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- Sousa, S., Carneiro, A. & Carneiro, N. (2009) Decifrando o genoma em grande escala Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 30(253), 108-115.
- Sterken, C. (2011a) Writing a Scientific paper I. The writing process, in *Scientific writing for young astronomers* C. Sterken (ed.) EAS Publication Series, 50, 1-63.
- Sterken, C. (2011b) Writing a Scientific Paper II. Communication by Graphics, *Scientific writing for young astronomers* C. Sterken (ed.) EAS Publication Series, 50, 65-170 (2011).
- Sterken, C. (2011c) Writing a Scientific Paper III. Ethical Aspects, *Scientific writing for young astronomers* C. Sterken (ed.) EAS Publication Series, 50, 172-282.
- Swales, J.M. (1990) *Genre Analysis: English in Academic and Research Settings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Swidsinski, A. (2006) Standards for Bacterial Identification by Fluorescence In Situ Hybridization Within Eukaryotic Tissue Using Ribosomal rRNA-Based Probes. *Inflamm Bowel Dis* 12(8), 824-826.
- Swiger, R. R. & Tucker, J. D. (1996) Fluorescence in situ hybridization: a brief review, *Environmental and Molecular Mutagenesis* 27, 245-254.
- Temmerman, R. (2000) *Towards new ways of terminology description-the sociocognitive approach*. Amsterdam: Eds John Benjamins.
- TERMIUM Plus® (<http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng&index=alt>) (consultado em 3 de dezembro de 2014).
- Trindade, A. (2008) Análise da função delta4 na regulação da angiogénese embrionária e neo-angiogénese tumoral. Tese de Doutoramento em Ciência e Tecnologia Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Ulijn, J. (1995) *Is cultural Rewriting of American Technical Documents Needed for the European Market: Some Experimental Evidence from French and Dutch Technical Documents, International Dimensions of Technical Communication*, Arlington, VA: Society for Technical Communication.
- UNESCO (1953) Report on scientific and technical translating and related problems, Paris.
- UNESCO (2005) Nomenclatura Internacional de la Unesco para los campos de Ciencia y Tecnología. 2005. <http://wzar.unizar.es/invest/unesco/>
- UNESCO (2009) World Report 2009, Investing in Cultural Diversity and Intercultural Dialogue (<http://www.intercultural->

[europe.org/site/database/publication/unesco-world-report-2009-investing-cultural-diversity-intercultural-dialogue](http://europe.org/site/database/publication/unesco-world-report-2009-investing-cultural-diversity-intercultural-dialogue))

- Venuti, L. (2001). Strategies of Translation. In M. Baker (ed.). *Routledge Encyclopedia of Translation Studies* (pp. 240-244). London and New York: Routledge.
- Vermeer, H.J. (1978) *Ein Rahmen für eine allgemeine Translationstheorie, Lebende Sprachen* 23(3), 99-102.
- Vesler, I. (2013) Online Resources as a Tool for the Technical Translator, *Multilingual*, April/May, 48-53.
- Vieira, R. (1997) The Translation of Technical-Scientific Texts A Brief Analysis. *Cadernos de Tradução*, Florianópolis, 1(2):435-455.
- Vinay J.-P. & Darbelnet, J. (1977) *Stylistique comparée du français et de l'anglais - Méthode de traduction*. Paris: Didier.
- Vinay, J-P. & Darbelnet, J. (1995) *Comparative Stylistics of French and English: A Methodology for Translation*, trans. and ed. By Juan C. Sager and M.J. Hamel, Amsterdam/Philadelphia:John Benjamins.
- Volpi, E. & Bridger, J. (2008) FISH glossary: an overview of the fluorescence in situ hybridization technique, *Biotechniques*, 45(4), 385-409.
- Williams, M. (2004) *Translation Quality Assessment: An Argumentation-Centred Approach*. Ottawa: University of Ottawa Press.
- Youssef, N., Couger, M., McCully, A., Criado, A. & Elshahed, M. (2015) Assessing the global phylum level diversity within the bacterial domain: A review *Journal of Advanced Research* 6, 269–282.
- Zecchini, L. (1995) Linguistic equivalents in the Translation of Technical and Scientific Texts, *Miscellanea-2*, 16, 247-251.
- Zourob, M. (ed.) (2010) *Recognition Receptors in Biosensors*. New York: Springer.

Lista dos documentos consultados:

Textos em português

- Abreu, A. (2004) Identificação de bactérias filamentosas em processos de lamas activadas através da técnica de hibridização in-situ de fluorescência (FISH). Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Gonçalves, J. (2007) BiGGEsTS Biclustering Gene Expression Time-Series, Dissertação de Projeto, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

- Melo, M. (2006) O papel da hibridação *in situ* por fluorescência (FISH) na leucemia mielóide crônica durante o tratamento com mesilato de imatinibe, *Rev. bras. hematol. hemoter.* 28(2), 81-87.
- Neves, S.M.N. & Guedes, R.M.C. (2012) Hibridização *in situ* fluorescente: princípios básicos e perspectivas para o diagnóstico de doenças infecciosas em medicina veterinária, *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, 79(4), 627-632.
- Rolim, M. (2014) Contribuição para o estudo da caracterização de biofilmes de diferentes idades. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.
- Rosário, A. (2009) Caracterização de populações microbianas em reactores “Jet-Loop” para tratamento de efluentes agro-industriais. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Saudade, A., Tomás, A.R. & Fonseca, R. (2005) Carcinoma da mama, determinação da amplificação do HER2 por hibridização *in situ* de fluorescência (FISH), *Acta Med Port*, 18, 417-422.
- Silva, A., (2007) Pesquisa e validação de sondas para identificação de contaminantes microbiológicos exigidos legalmente em amostras de água para consumo. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Silva, V. (2014) Implementação de um método de validação do controlo de qualidade em amostras de DNA armazenadas no Biobanco-IMM, Dissertação de Mestrado em Biologia Molecular em Saúde, Escola Superior de Saúde Egas Moniz.

#### Textos em inglês:

- Addison, S., Slade, A. & Dennis, M. (2011) Effects of substrate composition on the structure of microbial communities in wastewater using fluorescence *in situ* hybridization. *Systematic and Applied Microbiology*, 34(5), 337-343.
- Fredriksson, N.J., Hermansson, M. & Wilén, B-M. (2012) Diversity and dynamics of Archaea in an activated sludge wastewater treatment plant. *BMC Microbiology* 12, 140 .
- Khan, M.A. & Faheem, S.M., Monitoring bacterial diversity in a full-scale municipal wastewater treatment plant in Dubai by fluorescence *in situ* hybridization. *International Journal of Environmental Research*, 7(2), 479-484.
- Lima, C. (2013) Application of response surface methodology (RSM) to optimize the hybridization efficiency of a PNA probe targeting *Saccharomyces cerevisiae*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Porto.
- Rare Chromosome Disorder Support Group, Fluorescence *in situ* hybridization (FISH), (nd) disponível em <http://www.rarechromo.org/information/Other/FISH%20FTNW.pdf> consultado em setembro de 2015.



# **Apêndice 1**



## Apêndice 1

Ficha nº 1	Termo <b>airlift reactor</b>	Equivalente reator de arrastamento por gás ascendente
Área Engenharia química e biológica	Sub-área Reatores biológicos	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Bioreactor in which the reaction medium is kept mixed and gassed by introduction of air or another gas (mixture) at the base of a column-like reactor equipped either with a draught tube or another device (e.g. external tube) by which the reactor volume is separated into a gassed and an ungassed region thus generating a vertically circulating flow.</p> <p>Fonte : IUPAC Compendium of Chemical Terminology (<a href="http://old.iupac.org/publications/compendium/">http://old.iupac.org/publications/compendium/</a>)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Modelo de reator que não apresenta partes móveis, e em que a dispersão gás-líquido é realizada pelo próprio ar de entrada do aspersor e em que o meio de cultura é movido de baixo para cima impulsionado pelo deslocamento de bolhas de ar que são alimentadas no fundo do vaso de cultivo, retornando de cima para baixo por uma região distinta da região de subida.</p> <p>Fonte: adaptado de Cerri (2009).</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 18/07/2015	

Ficha nº 2	Termo <b>annealing</b>	Equivalente emparelhamento
Área Bioquímica	Sub-área FISH	
Sinónimo	Forma abreviada	
Definição/Explicação em inglês Pairing of complementary single strands of DNA; or of DNA-RNA Fonte: MediLexicon (medilexicon.com)		
Definição/Explicação em português Ligação de cadeias simples complementares de ADN ou de ADN-ARN Fonte: tradução de MediLexicon (medilexicon.com)		
Criado por Helena Nadais	Criado em 15/08/2015	

Ficha nº 3	Termo <b>(sludge) bulking</b>	Equivalente avolumação (de lamas)
Área Tratamento biológico de efluentes	Sub-área Lamas ativadas	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Phenomenon which occurs in activated sludge plants whereby the activated sludge occupies an excessive volume and does not settle readily.</p> <p>Fonte: Termium Plus (<a href="http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng">http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-eng.html?lang=eng</a>)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Perda de sedimentabilidade de lamas provocada por diminuição de densidade, isto é aumento de volume, de lamas biológicas devido a presença de bactérias filamentosas (avolumação filamentosa) ou de exopolímeros (avolumação viscosa).</p> <p>Fonte: Helena Nadais</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 12/07/2015	

Ficha nº 4	Termo <b>competitor probe</b>	Equivalente sonda competidora
Área Bioquímica	Sub-área FISH	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Unlabeled oligonucleotide complementary to non target sequences that prevent hybridization of the FISH probe (and therefore nonspecific signal) by competing for the target site.</p> <p>Fonte: adaptado de Hugenholtz (2001)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Oligonucleótido não marcado complementar a sequências que não são alvo da sonda de FISH e que evita a hibridização da sonda de FISH (e por conseguinte o sinal não específico) por competir pelo local alvo.</p> <p>Fonte: traduzido de Hugenholtz (2001)</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 15/08/2015	

Ficha nº 5	Termo <b>cryosectioning</b>	Equivalente crioseccionamento
Área Biologia Medicina	Sub-área	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>The making of a cryosection or cryosections from a freeze-dried tissue sample.</p> <p>Fonte: OxfordDictionaries (<a href="http://www.oxforddictionaries.com/pt/definição/inglês/cryosectioning">http://www.oxforddictionaries.com/pt/definição/inglês/cryosectioning</a>)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Corte de amostras congeladas, geralmente por ação de um fluido criogénico, em fatias muito finas para exame microscópico.</p> <p>Fonte: Helena Nadais</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 18/08/2015	

Ficha nº 6	Termo <b>deep sequencing</b>	<b>DNA</b> Equivalente sequenciação profunda de ADN
Área Bioquímica	Sub-área Genómica	
Sinónimo Next generation sequencing Sequenciação massiva de ADN	Forma abreviada NGS	
Definição/Explicação em inglês Techniques of nucleotide sequence analysis that increase the range, complexity, sensitivity, and accuracy of results by greatly increasing the scale of operations and thus the number of nucleotides, and the number of copies of each nucleotide sequenced Fonte: glossário do Cambridge Healthtech Institute ( <a href="http://www.genomicglossaries.com/content/sequencing_gloss.asp">http://www.genomicglossaries.com/content/sequencing_gloss.asp</a> )		
Definição/Explicação em português Sistema de sequenciamento altamente paralelo e escalável com automatização significativamente maior do que os instrumentos padrão de eletroforese capilar, a qual permite produzir 25 milhões de pares de bases em uma única leitura com mais de 99% de precisão. Fonte: Pereira <i>et al.</i> (2013)		
Criado por Helena Nadais	Criado em 10/08/2015	



Ficha nº 7	Termo <b>DNA microarray</b>	Equivalente microchip de ADN
Área Bioquímica	Sub-área Genética	
Sinónimo phylochip	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Ordered set of thousands of molecules of DNA whose sequence is known, creating a matrix of different genetic fragments and placed in a pre-defined order, which can have their image captured and digitized, thus allowing the expression of thousands of genes simultaneously through computational methods for processing of images.</p> <p>Fonte: Campos (2008).</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Coleção de pontos microscópios formados por sequências de DNA fixados em uma superfície sólida constituída de vidro, plástico ou silicone. Estes segmentos microscópicos são chamados de sondas. Milhares delas são ligadas ao suporte, formando um pequeno <i>chip</i> que será utilizado como plataforma para a realização de reações de hibridização que possibilitarão a detecção da sequência ou sequências-alvo no material analisado.</p> <p>Fonte: PORTAL EDUCAÇÃO, (<a href="http://www.portaleducacao.com.br/medicina/artigos/33701/hibridizacao-em-microarranjos-microarray-hybridization#ixzz3sEpvc5LM">http://www.portaleducacao.com.br/medicina/artigos/33701/hibridizacao-em-microarranjos-microarray-hybridization#ixzz3sEpvc5LM</a>)</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 06/08/2015	

Ficha nº 8	Termo <b>fluorescence <i>in situ</i> hybridization</b>	Equivalente hibridização <i>in situ</i> de fluorescência
Área Bioquímica	Sub-área Biotecnologia	
Sinónimo	Forma abreviada FISH	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Laboratory technique for detecting and locating a specific DNA sequence on a chromosome. The technique relies on exposing chromosomes to a small DNA sequence called a probe that has a fluorescent molecule attached to it. The probe sequence binds to its corresponding sequence on the chromosome.</p> <p>Fonte: The Talking Glossary of Genetic Terms, National Human Genome Research Institute (<a href="http://www.genome.gov/glossary/index.cfm?id=65">http://www.genome.gov/glossary/index.cfm?id=65</a>)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Técnica citogenética usada para identificar a presença de cromossomas inteiros ou porções de cromossomas através da ligação muito específica de sondas de ADN, pré-fabricadas e marcadas com corantes fluorescentes, a um determinado sítio ou local cromossómico. Os resultados são examinados sob condições especiais de microscopia para confirmar a presença ou ausência do sítio em questão dependendo da presença ou ausência do sinal fluorescente de hibridização.</p> <p>Fonte: Glossário Genex (<a href="http://genex.com.br/glossario.swf">http://genex.com.br/glossario.swf</a>)</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 04/07/2015	

Ficha nº 9	Termo <b>hairpin structure</b>	Equivalente estrutura em gancho
Área Biotecnologia	Sub-área Genética	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Single strand of DNA that curls back on itself to become self-complementary, the result is a partial double helix with a bend in it.</p> <p>Fonte: Standford Education (<a href="http://web.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/hopes_test/all-about-mutations/">http://web.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/hopes_test/all-about-mutations/</a>)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Estrutura que ocorre quando uma cadeia de ácido nucleico, que tenha duas sequências complementares que podem hibridizar entre si formando uma ligação intramolecular, dá origem a uma estrutura em forma de gancho de cabelo.</p> <p>Fonte: Sílvia A. Sousa</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 05/08/2015	

Ficha nº 10	Termo <b>helper probe</b>	Equivalente sonda auxiliar
Área Bioquímica	Sub-área FISH	
Sinónimo	Forma abreviada	
Definição/Explicação em inglês Unlabeled oligonucleotides that bind adjacent to the probe target site. Fonte: Fuchs <i>et al.</i> (2000).		
Definição/Explicação em português Oligonucleótidos não marcados que se ligam a locais adjacentes aos locais alvo da sonda Fonte: tradução de Fuchs <i>et al.</i> (2000).		
Criado por Helena Nadais	Criado em 03/08/2015	

Ficha nº 11	Termo <b>mismatch</b>	Equivalente falha de correspondência
Área Bioquímica	Sub-área Genética	
Sinónimo	Forma abreviada	
Definição/Explicação em inglês A failure to correspond or match; a discrepancy. Fonte: oxforddictionaries.com ( <a href="http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/mismatch">http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/mismatch</a> )		
Definição/Explicação em português Má combinação. Fonte: Infopédia		
Criado por Helena Nadais	Criado em 25/07/2015	

Ficha nº 12	Termo <b>nonsense probe</b>	Equivalente sonda não específica
Área Bioquímica	Sub-área	
Sinónimo	Forma abreviada	
Definição/Explicação em inglês A probe that does not target any specific bacteria and is used as a control for nonspecific staining in FISH. Fonte: Klotz e Stein (2011) e Christensen <i>et al.</i> (1999)		
Definição/Explicação em português Sonda que não está associada a nenhuma sequência de ADN e que é usada como controlo em aplicações de FISH. Fonte: Sílvia A. Sousa		
Criado por Helena Nadais	Criado em 03/08/2015	

Ficha nº 13	Termo <b>phylochip</b>	Equivalente filochip
Área Bioquímica	Sub-área	
Sinónimo DNA microarray	Forma abreviada	
Definição/Explicação em inglês Slide on which are attached thousands of oligonucleotide probes (of about 50 mers long) of the 16S rRNA genes. Fonte: Asuming-Brempong (2012)		
Microarranjo de alta densidade de oligonucleotídeos 16S rDNA. Fonte: Mendes (2012)		
Criado por Helena Nadais	Criado em 15/08/2015	

Ficha nº 14	Termo <b>self annealing</b>	Equivalente Auto-emparelhamento
Área Bioquímica	Sub-área	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Forming of hairpin structure or intermolecular annealing between similar two oligos when the oligo sequence includes two segments that are the reverse complement of each other.</p> <p>Fonte: Zourob (2010)</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Ligação intermolecular entre dois oligonucleótidos iguais ou ligação intramolecular com formação de estrutura em gancho.</p> <p>Fonte: traduzido de Zourob (2010)</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 03/08/2015	

Ficha nº 15	Termo <b>stringency</b>	Equivalente estringência
Área Bioquímica	Sub-área FISH	
Sinónimo	Forma abreviada	
<p>Definição/Explicação em inglês</p> <p>Specificity with which a particular target sequence is detected by hybridization to a probe.</p> <p>Fonte : Primrose e Twyman (2006).</p>		
<p>Definição/Explicação em português</p> <p>Medida da probabilidade em que uma dupla cadeia se dissocia nas cadeias simples que a constituem, sendo também uma medida da capacidade da cadeia simples de uma molécula de ácido nucleico para distinguir entre as moléculas que partilham um elevado grau de complementaridade e as que apresentam menor complementaridade.</p> <p>Fonte : Martins (2009).</p>		
Criado por Helena Nadais	Criado em 10/08/2015	



## **Apêndice 2**



## Apêndice 2

### 1

## Introdução

---

*Por Halkjaer Nielsen, Holger Daims e Hilde Lemmer*

### 1.1 IDENTIFICAÇÃO DE MICRORGANISMOS EM LAMAS ATIVADAS E BIOFILMES

Até há pouco tempo, os métodos dependentes de cultivo, tais como a contagem em placas ou a contagem do Número Mais Provável (NMP), têm sido largamente usados para a enumeração e detecção de bactérias relevantes para o desempenho dos tratamentos biológicos de águas residuais. De facto, estes métodos são, em muitos casos, ainda usados para o controlo da qualidade do efluente, particularmente no que respeita a patogénicos e vários organismos indicadores (p. ex. APHA Standard Methods). No entanto, atualmente, sabe-se que estes métodos têm diversas limitações, dado que, de todos os tipos de micróbios presentes em amostras ambientais (incluindo patogénicos), apenas uma fração muito pequena é cultivável nos meios de cultura geralmente usados. Por essa razão, esta abordagem pode levar a falhas de informação graves. Assim, aconselhamos vivamente uma mudança direcionada para a utilização de métodos moleculares independentes do cultivo em todos os tipos de investigações microbiológicas realizadas em estações de tratamento de águas residuais (ETAR).

De entre os métodos de detecção independentes de cultivo, a hibridização *in situ* de fluorescência (Fluorescence *in situ* Hybridization, FISH) com sondas cujo alvo é o ARN ribossómico (ARNr) (sondas génicas) é uma ferramenta muito poderosa para a identificação de microrganismos de biocenoses em biofilmes e em lamas ativadas de ETAR. Este método é descrito em detalhe nos Capítulos 7 e 8 deste livro. A maior parte dos microrganismos conhecidos como microrganismos funcionais fundamentais para os sistemas de tratamento de águas residuais pode ser fiavelmente identificada e quantificada por este método.

Para além disso, existem outros métodos moleculares, principalmente métodos baseados em PCR (Polimerase Chain Reaction ou Reação em Cadeia de Polimerase). Atualmente, os métodos quantitativos de PCR (q-PCR) são cada vez mais aplicados a amostras ambientais, mas esses métodos têm vários inconvenientes em comparação com o método FISH. Isso deve-se a desvios respeitantes à extração de ácidos nucleicos, à reação PCR, e também ao facto de as abordagens baseadas em PCR não quantificarem células microbianas, medindo, ao invés, números de cópia de genes marcadores. Os microarranjos de ADN com sondas que têm como alvo o ARNr, os chamados “filochips”, têm um grande potencial como ferramentas de alto rendimento para a detecção qualitativa de centenas, ou mesmo milhares, de microrganismos não cultiváveis, numa só experiência. Quando combinados com a autoradiografia, os filochips tornam-se «arranjos de isótopos» úteis para detetar aspetos funcionais de micróbios, tais como bactérias nitrificadoras numa ETAR (Adamczyk *et al.*, 2003). No entanto, até ao presente, não existe nenhum ensaio baseado em filochip que permita a observação de alterações na abundância de populações microbiológicas que possam ser alvos de sondas. Esta limitação deve-se a problemas técnicos com os microarranjos, tais como efeitos de saturação durante a hibridização, os quais são muito difíceis de ultrapassar.

Em contraste com outros métodos, a utilização de FISH permite observar a morfologia das bactérias e quantificar os números de bactérias ou o biovolume equivalente. Assim, na nossa opinião, o método FISH, tal como detalhado nos Capítulos 7 e 8, é, por enquanto, o método de eleição para a deteção e a quantificação de microrganismos em ETAR.

Um caso especial é a identificação de bactérias filamentosas. Desde a sua primeira descrição completa por Eikelboom (Eikelboom, 1975), estas bactérias têm sido identificadas principalmente com base na sua morfologia e em técnicas de coloração simples usando microscopia ótica. Desde essa altura, foram publicados vários manuais (p. ex. Eikelboom 2000; Jenkins *et al.*, 2004), todos baseados no trabalho original de Eikelboom. No entanto, hoje em dia é óbvio que, apesar de algumas bactérias filamentosas poderem ser identificadas de forma fiável com esse método, a maior parte não pode. Recomendamos vivamente que também seja aplicado o método FISH para a identificação de microrganismos filamentosos, tal como descrito no Capítulo 5, após ter sido levada a cabo uma identificação morfológica preliminar usando os manuais.

## 1.2 A MICROBIOLOGIA DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUAIS

À escala mundial, o tratamento biológico de águas residuais municipais e industriais é levado a cabo principalmente por meio do processo de lamas ativadas (LA). Estão em desenvolvimento novas tecnologias, tais como reatores de biofilme, bioreatores de membranas, reatores descontínuos sequenciais, etc., mas todas elas derivam do processo LA. O objetivo comum de todas estas tecnologias é a utilização de microrganismos para remover carbono (C), azoto (N), fósforo (P), micropoluentes e organismos patogénicos.

Estão a surgir novas soluções, interessantes e mais sustentáveis. Estas novas soluções incluem, por exemplo, a recuperação de nutrientes (p. ex. P) a partir de águas residuais, ou a conversão dos componentes orgânicos da água residual em compostos úteis e com valor, tais como os bioplásticos (polihidroxialcanoatos, PHA). A conversão de resíduos orgânicos em energia pela produção de metano durante a digestão anaeróbia é utilizada há décadas e estes processos estão ainda a sofrer mais desenvolvimentos em conjunto com outros processos de produção de energia, como as pilhas de combustível microbianas.

A gestão destes sistemas microbianos complexos (ou a gestão de recursos microbianos para as novas soluções sustentáveis, Verstraete *et al.*, 2007) assenta num conhecimento fundamental sobre as populações microbianas envolvidas e sobre os fatores que regulam a sua atividade. A identificação fiável dos microrganismos envolvidos é fundamental e é possível com uma sensibilidade e precisão elevadas, com as ferramentas atuais constituídas por vários métodos independentes de cultivo. São essenciais, não só a identificação dos microrganismos, mas também o conhecimento sobre a sua ecofisiologia, ecologia e dinâmica populacional. As presentes abordagens metodológicas vão da microbiologia de célula única (p.ex. microautorradiografia e microespectroscopia de FISH-Raman, Huang *et al.*, 2007), expressão de genes funcionais específicos, biologia de sistemas (genómica, transcriptómica, e proteómica) até reatores à escala laboratorial e estudos de transformações químicas à escala real. Desta forma, estamos rapidamente a ganhar um conhecimento crescente sobre os microrganismos chave envolvidos em muitos processos e sobre a forma de influenciar a sua presença e a sua atividade. No entanto, ainda há muito que aprender sobre os sistemas à escala real, dado que a maior parte dos estudos realizados até agora foram levados a cabo em reatores à escala laboratorial e à escala piloto.

Atualmente, estão razoavelmente bem identificados e descritos vários grupos funcionais de bactérias envolvidas nos processos de tratamento mais comuns. São principalmente bactérias envolvidas na nitrificação e, até certo ponto, as bactérias envolvidas na desnitrificação, muitas bactérias envolvidas na remoção biológica de fósforo (EBPR, Enhanced Biological Phosphorus Removal), e a maior parte das bactérias que causam problemas de sedimentação (avolumação de lamas) ou a formação de espumas/escumas. Em cada grupo funcional, por exemplo no das bactérias nitrificadoras, encontra-se geralmente um número limitado (<10) de linhas filogenéticas nas estações de nitrificação, estando presentes poucas populações dominantes (3-5) numa estação particular de entre a generalidade das estações à escala real. Devemos tentar evitar o termo «espécie» porque na ecologia microbiana não há uma definição concisa de espécie. As linhagens, estirpes ou ecotipos podem ser tão importantes para o funcionamento das ETAR como

as «espécies». A composição exata da comunidade microbiana numa estação particular depende da composição da água residual, da configuração do processo e do modo de operação da estação, ver abaixo. No entanto, para a maior parte dos grupos funcionais, é comum que os fatores que controlam a determinação da composição da comunidade ainda sejam mal compreendidos.

É importante saber quais as bactérias de cada grupo funcional que estão presentes numa certa estação de tratamento? Esta questão pode, em alguns casos, ser respondida com um «sim» claro, em outros casos com «talvez» ou «não se sabe». Para as bactérias filamentosas a resposta é um «sim» inequívoco. Certos ecotipos causam problemas de sedimentação graves, outros são (em baixo número) importantes como estrutura para os flocos de lamas e, por essa razão, para a estrutura do floco. É essencial uma identificação adequada para a seleção de medidas de controlo eficientes em relação às bactérias filamentosas não desejadas que causam problemas de sedimentação como a avolumação de lamas ou as espumas.

É mais incerto, por exemplo, quão importante é o conhecimento sobre a composição exata da comunidade para o desempenho de nitrificação numa certa estação de tratamento de lamas ativadas. Com base em observações *in situ*, foi sugerido que a presença de várias linhagens de bactérias oxidadoras de amónia a nitrito garante um sistema mais robusto e mais estável (p. ex. Daims *et al.*, 2001c) em comparação com a presença de apenas uma única linhagem de cada grupo funcional. Mas o significado da composição exata da comunidade de um dado grupo funcional para a estabilidade e a operacionalidade de uma instalação está menos documentado. Os estudos futuros, todos eles baseados numa identificação fiável da população microbiológica, por exemplo por FISH, revelá-lo-ão. Uma questão relacionada é se a diversidade microbiana ao nível da estirpe influencia a estabilidade do processo em ETAR. Por exemplo, podem coexistir na mesma instalação bactérias oxidadoras de nitrito estreitamente relacionadas, que sejam ligeiramente diferentes ao nível do genoma. Devido a uma elevada similaridade (ou mesmo identidade) nas sequências do seu ARNr 16S, a diversidade destas estirpes poderia facilmente ser ignorada pelas abordagens atuais com recurso a métodos tais como a FISH. No entanto, as diferenças genómicas podem resultar numa variedade de fenótipos biologicamente significativa, a qual responde de forma diferente a eventos tais como alterações na composição da água residual ou ataques por bacteriófagos. A investigação futura, com a disponibilidade dos métodos moleculares mais recentes, tais como a genómica ambiental e a sequenciação profunda de ADN, elucidará a importância de uma tal diversidade microbiana numa perspetiva aplicada.

Têm sido publicados poucos estudos completos que descrevem a composição total da comunidade microbiana em estações de tratamento de águas residuais à escala real. Estes estudos lidam com instalações de lamas ativadas para a remoção de C, ou remoção de N (Juretschko *et al.*, 2002), ou com uma instalação com remoção biológica de N e P a partir de uma mistura de águas residuais domésticas e industriais (Kong *et al.*, 2007). No entanto, foram levados a cabo vários estudos sobre populações específicas em várias instalações à escala real, referindo-se, por exemplo, apenas a bactérias nitrificadoras, desnitrificadoras ou filamentosas. Esses estudos são descritos resumidamente nos capítulos específicos. Na Tabela 1.1 apresenta-se um resumo das espécies e géneros mais vulgarmente observados e encontrados em ETAR.

**Tabela 1.1.** Microrganismos vulgarmente detetados em sistemas de tratamento de águas residuais.

<b>Grupo funcional/Capítulo</b>	<b>Populações vulgarmente detetadas</b>
<b>Bactérias nitrificadoras (Capítulo 2)</b> <b>Bactérias oxidadoras de amónio (AOB)</b>	Género <i>Nitrosomonas</i> ( <i>N. europaea</i> , <i>N. eutropha</i> , <i>N. mobilis</i> , a <i>N. oligotropha</i> ) (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Nitrosospira</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Nitrospira</i> (sublinhagem 1 e 2) (filo <i>Nitrospirae</i> ) Género <i>Nitrobacter</i> (classe <i>Alphaproteobacteria</i> )
<b>Bactérias oxidadoras de nitrito (NOB)</b>	
<b>Bactérias Anammox</b>	Linhagens <i>Brocadia</i> , <i>Kuenenia</i> , <i>Scalindua</i> e <i>Anammoxoglobus</i> (filo <i>Planctomycetes</i> )
<b>Bactérias desnitrificadoras (Capítulo 3)</b>	Género <i>Candidatus Accumulibacter</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Azoarcus</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Curvibacter</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Thauera</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Zoogloea</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> )
<b>Organismos acumuladores de polifosfatos (PAO) (Capítulo 4)</b>	Género <i>Candidatus Accumulibacter</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Tetrasphaera</i> (filo <i>Actinobacteria</i> )
<b>Organismos acumuladores de glicogénio (GAO) (Capítulo 4)</b>	Género <i>Candidatus Competibacter</i> (classe <i>Gammaproteobacteria</i> ) Género <i>Defluviicoccus</i> (classe <i>Alphaproteobacteria</i> )
<b>Bactérias filamentosas (Capítulo 5)</b>	Espécies da classe <i>Alphaproteobacteria</i> Género <i>Sphaerotilus</i> (classe <i>Betaproteobacteria</i> ) Género <i>Thiothrix</i> ( <i>Thiothrix</i> spp e tipo O21N) (classe <i>Gammaproteobacteria</i> ) <i>Candidatus Microthrix parvicella</i> (filo <i>Actinobacteria</i> ) Género <i>Skermania</i> (filo <i>Actinobacteria</i> ) Género <i>Gordonia</i> (filo <i>Actinobacteria</i> ) Género <i>Rhodococcus</i> (filo <i>Actinobacteria</i> ) Género <i>Dietzia</i> (filo <i>Actinobacteria</i> ) Espécies no filo e classe <i>Chloroflexi</i> Género <i>Haliscomenobacter</i> (filo <i>Bacteroidetes</i> ) Espécies do filo candidato TM7
<b>Outras bactérias (Capítulo 6)</b>	Género <i>Candidatus Epiflobacter</i> spp. (filo <i>Bacteroidetes</i> )

### 1.3 FATORES IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DE MICRORGANISMOS

A composição das espécies nas estações de tratamento depende da composição da água residual, da configuração do processo e do modo de operação da estação. É óbvio que certos grupos funcionais são dominantes apenas se no projeto do processo da instalação, estiverem incluídos processos específicos (p. ex. remoção de N ou EBPR). Tal como foi mencionado acima, para muitas espécies, os fatores que controlam a determinação da composição de espécies ainda são mal compreendidos e, por essa razão, nos estudos da microbiologia em ETAR é importante observar e registar os fatores potenciais que podem ser decisivos para a presença das diferentes espécies. Na Tabela 1.2 é dada uma visão geral desses fatores; em outras publicações é dada mais informação (p. ex. Wilderer *et al.*, 2002).

**Tabela 1.2.** Visão geral sobre fatores importantes na determinação da estrutura da população microbiana em ETAR.

<b>Configuração do processo</b>	Remoção de C, remoção de C e nitrificação Remoção de C e N (nitrificação e desnitrificação) Remoção de C e N e EBPR Precipitação química de P Idade das lamas (totais e aeróbias) Carga das lamas Nível de temperatura e variações sazonais Outros
<b>Operação da instalação</b>	Concentração de oxigênio Tempo médio de residência das células em tanques diferentes Adição de compostos químicos (p. ex. sais de Fe/Al, polímeros) Adição de C externo (p. ex. metanol) Teor de biomassa (p. ex. sólidos suspensos por litro) Outros
<b>Tipo de instalação de tratamento</b>	Lamas ativadas (caudal contínuo, SBR, ...) Filtro biológico (tipo, meio de suporte, operação, ...) Reator de membrana Outros
<b>Composição da água residual</b>	Industrial/doméstica Frações solúvel/particulada (C, N, P) Compostos orgânicos específicos (p. ex. acetato) Micronutrientes Substâncias tóxicas (p. ex. metais, sulfuretos) Salinidade Alcalinidade Valor de pH Outros

O fator mais importante para as instalações de lamas ativadas é o facto de apenas estar incluída no projeto de instalação a remoção de C - o que significa que estão presentes apenas tanques aeróbios (além do clarificador) ou de também estarem incluídas a desnitrificação/EBPR, o que significa que estão presentes tanques anóxicos/anaeróbios, para além dos tanques aeróbios. A pressão seletiva devida aos tanques anóxicos/anaeróbios altera substancialmente a estrutura da população. A idade das lamas (tempo médio de residência das células), a qual é determinada pela carga das lamas, também é extremamente importante. Uma idade de lamas baixa (<5-10 dias) pode não permitir a ocorrência de nitrificação, devido às baixas taxas de crescimento das bactérias nitrificadoras, enquanto que para obter uma remoção completa de N e P em climas temperados uma idade de lamas elevada (>20-30 dias) é importante. As instalações de tratamento que operam a temperaturas muito elevadas (>40°C), tais como as que tratam águas residuais industriais especiais, seleccionam frequentemente comunidades microbianas pouco usuais.

A composição da água residual à entrada é outro fator decisivo para o crescimento bacteriano. Frequentemente, as águas residuais industriais são menos complexas do que as águas residuais municipais, o que significa que nas ETAR industriais podem predominar menos microrganismos. Para além disso, nas águas residuais industriais, a fração solúvel é frequentemente mais elevada. As águas residuais industriais também podem não incluir nutrientes importantes, tais como N e P ou outros micronutrientes. As águas residuais domésticas são usualmente mais complexas, com uma fração elevada de particulados e com proporções mais equilibradas entre os compostos orgânicos e os nutrientes. Outros fatores importantes são a temperatura, a salinidade, a presença de substâncias tóxicas e o valor de pH. Da mesma forma, os microrganismos que entram podem afetar a estrutura da população da estação de tratamento.

A operação da instalação também pode afetar a estrutura da população e está intimamente relacionada com a configuração do processo da instalação. A operação exata do tempo médio de residência das células anóxico/anaeróbio, a concentração de oxigênio nos tanques aeróbios, a adição de compostos químicos, as fontes de carbono e muitos outros fatores podem afetar a composição da população.

Também é ainda mal compreendida a importância da plataforma tecnológica aplicada para levar a cabo um processo específico, tal como a nitrificação. Obtemos as mesmas bactérias nitrificadoras numa instalação à escala real baseada em lamas ativadas com diferentes configurações de processo (p.ex. reatores descontínuos sequenciais, reatores contínuos de mistura completa ou reatores pistão), reatores de biofilme (p. ex. filtros biológicos de fluxo ascendente ou descendente, reatores de arrastamento por ar ascendente, reatores de grânulos) ou reatores biológicos de membrana, utilizadas para tratar a mesma água residual? Poucos estudos investigaram isto em detalhe, mas a impressão geral é de que estamos frequentemente a lidar com as mesmas espécies/grupos, apesar de talvez com estirpes/ecotipos ligeiramente diferentes (ver também acima). Para uma resposta cabal, são necessários mais estudos baseados numa identificação fiável das populações microbianas.

## 1.4 UTILIZAÇÃO DESTE MANUAL SOBRE FISH

Este manual contém uma descrição detalhada do protocolo de FISH para a identificação e quantificação de vários tipos de bactérias tipicamente presentes no tratamento biológico de águas residuais. As bactérias incluídas cobrem vários grupos funcionais: nitrificadoras, desnitrificadoras, organismos acumuladores de polifosfatos (PAO), organismos acumuladores de glicogénio, bactérias filamentosas envolvidas na avolumação de lamas ou formação de espumas e ainda outras. Estas bactérias podem ser encontradas em sistemas de tratamento aeróbio/anóxico/anaeróbio baseados em lamas ativadas ou biofilmes, aplicados em várias tecnologias. Não incluímos bactérias presentes em digestores (digestão anaeróbia), células de combustível ou bactérias que levem a cabo processos de tratamento raramente encontrados, tais como o tratamento de efluentes contendo S (para produção de S<sup>0</sup>) ou remoção de poluentes específicos (p. ex. de locais poluídos). Alguns destes grupos podem ser incluídos em futuras edições deste livro.

O manual não cobre protozoários, dado que os métodos moleculares ainda não são adequados para a sua identificação correta.

Está fora do âmbito deste manual a informação detalhada sobre a ecofisiologia, ecologia ou gestão das diferentes bactérias. Essa informação pode ser encontrada em literatura da especialidade, manuais e livros (ver os diferentes capítulos) ou no novo livro da IWA sobre «Ecologia Microbiana de Lamas Ativadas» (Eds. Seviour e Nielsen, 2009).

Para cada grupo funcional é apresentada uma visão geral das identidades das bactérias e da sua abundância. Tabelas extensas descrevem as sondas genéticas a serem aplicadas para a deteção dos microrganismos e árvores filogenéticas mostram a cobertura das várias sondas. Para além disso, incluímos uma descrição das morfologias típicas associadas às sondas e muitas destas são documentadas por imagens de FISH na secção de figuras a cores (Capítulo 9). Com base na nossa experiência, recomendamos as sondas mais adequadas. A maior parte das sondas é selecionada segundo os critérios seguintes: foram desenhadas com base em sequências completas publicadas, as sondas estão publicadas e os detalhes podem ser consultados em probeBase ([www.microbialecolgy.net/probebase](http://www.microbialecolgy.net/probebase)). Outras sondas são mencionadas brevemente no texto e podem ser relevantes em casos especiais.

São continuamente desenvolvidas sondas genéticas novas ou melhoradas para a deteção de microrganismos relevantes; por essa razão, planeamos revisões contínuas deste livro, a primeira dentro de 1-2 anos. Na página de *internet* dos grupos especialistas da IWA ([www.iwahq.org](http://www.iwahq.org)) pode ser encontrada informação sobre novas edições e outras atualizações relevantes. Este manual foi desenvolvido em conjunto com o grupo especialista de «Dinâmica de Populações de Lamas Ativadas» da IWA.

Os erros, sugestões para inclusão de outras sondas, experiências importantes ou outros comentários, são mais do que bem-vindos, dado poderem ser incluídos com benefício em edições futuras. Por favor enviar uma mensagem eletrónica para Per Halkjaer Nielsen ([phn@bioaau.dk](mailto:phn@bioaau.dk)).



# PROTOCOLO PARA HIBRIDIZAÇÃO *IN SITU* DE FLUORESCÊNCIA (FISH) COM OLIGONUCLEÓTIDOS ESPECÍFICOS PARA ARNr

---

*Jeppe Lund Nielsen*

## 7.1 INTRODUÇÃO

A hibridização *in situ* de fluorescência (FISH) com sondas de oligonucleótidos específicos para ARNr tornou-se uma das abordagens mais largamente usadas quando se estudam microrganismos diretamente em sistemas complexos, sem cultivo ou isolamento prévios. O método torna possível, num período de tempo relativamente curto, recuperar informação sobre a identidade filogenética das células diretamente numa amostra e, dado que também mantém a morfologia das células, também fornece informação sobre a distribuição espacial, bem como sobre o número de organismos identificados.

As primeiras aplicações da hibridização *in situ* foram realizadas usando oligonucleótidos marcados radioativamente, os quais tinham uma resolução microscópica limitada e que para visualização necessitavam de autorradiografia. A utilização de FISH com sondas marcadas por fluorescência foi inicialmente descrita em 1989 (DeLong *et al.*, 1989) e desde então tornou-se o método de eleição para examinar consórcios microbianos tanto em sistemas naturais como em sistemas com intervenção de engenharia. Tem-se verificado que a abordagem FISH é especialmente apropriada para microbiologia de águas residuais, tendo sinais celulares e sensibilidades de deteção elevados.

O princípio da técnica FISH baseia-se na hibridização de sondas marcadas com fluorescência com o ARNr ribossômico de células microbianas inteiras permeabilizadas. As sondas consistem em pequenos segmentos de ADN (geralmente com um conteúdo de 15-25 nucleótidos) e são desenhadas para hibridizar especificamente com a sequência alvo complementar nas estruturas de ARNr (tipicamente, para *Bacteria* são usadas as subunidades 16S e 23S, enquanto que para *Eukarya* a subunidade 18S é a mais usada; Amann, 1995) da célula alvo. Com base na composição da sonda é possível desenhá-la para que seja dirigida especificamente para um estreito grupo filogenético (até ao nível da espécie) ou qualquer outro grupo filogenético hierárquico mais elevado (abordagem do topo para a base, Amann *et al.*, 1995). Nenhuma sonda irá hibridizar com as células que não tenham as sequências alvo. As células que contenham as sequências alvo irão, por outro lado, reter a sonda hibridizada e, devido ao grande número de ribossomas dentro das células ativas, ficarão marcadas com fluorescência.

Várias revisões recentes descreveram de forma simples as potencialidades da técnica FISH e os novos desenvolvimentos conducentes a uma melhor sensibilidade (p. ex., Wagner *et al.*, 2003; Zwirgmaier, 2005; Bottari *et al.*, 2006; Amann e Fuchs, 2008). Os erros que ocorrem frequentemente na aplicação da técnica de FISH, e as respetivas soluções, foram revistos por Møter e Gabel (2000) e os fatores importantes que têm influência na sensibilidade e na qualidade dos dados obtidos são descritos por Bouvier e del Giorgio (2003).

Os principais obstáculos associados com o método FISH são a baixa permeabilidade das células, o conteúdo insuficiente de ribossomas, a inacessibilidade dos ribossomas e a autofluorescência da amostra. Assim, para a obtenção de informação sólida e comparável, são de

importância fundamental o conhecimento da natureza e da aplicabilidade da amostra e um protocolo uniforme com aplicação dos controlos adequados.

Este capítulo disponibiliza um protocolo detalhado para a aplicação de FISH em amostras de lamelas ativadas e as soluções possíveis para os problemas típicos encontrados. Na Figura 7.1 é apresentado um fluxograma típico de FISH em lamelas ativadas ou biofilmes, incluindo amostragem, possível pré-tratamento, fixação, possível tratamento enzimático, hibridização, microscopia de fluorescência e possível análise de imagem. Os detalhes são descritos abaixo.

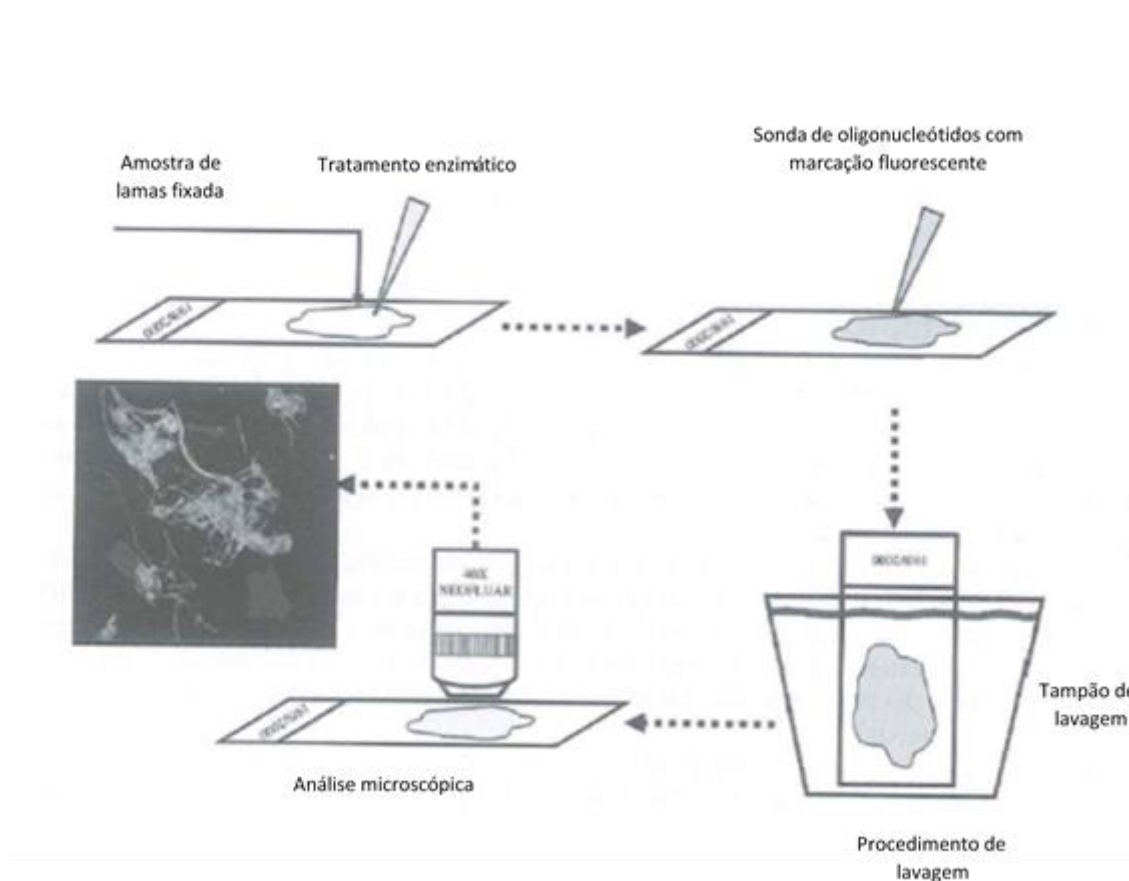


Figura 7.1. Ilustração esquemática da abordagem FISH.

## 7.2 PROTOCOLO PARA FISH

### 7.2.1 Materiais e soluções

#### **Paraformaldeído/PBS a 8% (PFA 8%)**

Agitar 4 g de PFA em 30 mL de dH<sub>2</sub>O a 60°C e dissolver com uma gota de NaOH 2N (na *hotte!*); adicionar 16,6 mL de 3x solução salina tamponada com fosfato (PBS) (ver abaixo). Ajustar com dH<sub>2</sub>O até 50 mL. A solução é filtrada através de um filtro de polycarbonato de 0,22 µm para remover as partículas autofluorescentes. Deve ser usada fresca, ou armazenada em alíquotas a -20°C (não congelar soluções já descongeladas).

#### **PBS/Etanol 1:1 (PBS/EtOH)**

Misturar volumes iguais de 1XPBS e etanol a 96%, esterilizar por filtração.

#### **Solução de gelatina**

Dissolver 0,5 g de gelatina e 0,01 g de CrK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> em 100 mL de dH<sub>2</sub>O a 70°C. Guardar a 4°C.

#### **Solução de Poli-L-lisina**

Dissolver 0,01 g de poli-L-lisina em 100 mL de dH<sub>2</sub>O.

#### **Lisozima**

Dissolver a lisozima (Merck Chemicals, Dinamarca) até uma concentração final de 10 mg/mL (~360 000 U/mL) - em EDTA 0,05 M, Tris-HCl 0,1 M, pH 8,0 (preparar fresca quando necessário, manter em gelo até usar).

#### **Mutanolisina**

Dissolver mutanolisina (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) até 5000 U/mL em tampão de fosfato de potássio 0,1 M, pH 6,2 (preparar fresca quando necessário; manter em gelo até usar).

#### **Acromopeptidase**

Preparar a solução de acromopeptidase (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) a uma concentração final de 60 U/mL em NaCl 0,01 M, Tris-HCl 0,01 M (pH 8,0) (preparar fresca quando necessário, manter em gelo até usar); alternativamente, preparar alíquotas em tubos e congelar até serem necessárias.

#### **Proteinase K**

Dissolver proteinase K (*Tritirachium album*, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) a 20000 U/mL em tampão TE (EDTA 0,01 M, Tris-HCl 0,1M, pH 8,0), (preparar fresca quando necessário, manter em gelo até usar).

#### **Lipase**

Dissolver lipase (Sigma-Aldrich, MO, EUA) a 75 000 U/mL em 1xPBS (preparar como 3xPBS e diluir com dH<sub>2</sub>O) (Preparar fresca quando necessário; manter em gelo até usar).

#### **3x Solução salina tamponada com fosfato (3xPBS)**

Misturar NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1M com Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 M até pH 7,4. Usar 300 mL desta mistura e misturar com 22,8 g de NaCl e ajustar a 1000 mL com dH<sub>2</sub>O. Autoclavar e guardar à temperatura ambiente.

#### **Tampão de Tris-EDTA (Tampão TE)**

EDTA 0,01 M (ácido etilenodiamino tetra-acético), Tris-HCl 0,1M pH 8,0. Esterilizar por filtração e guardar a 4°C. Tris-HCl 1 M, pH 8,0. Dissolver 121,1 g de Tris em 800 mL de dH<sub>2</sub>O, adicionar 42 mL de HCl concentrado, deixar arrefecer, ajustar o pH e perfazer a 1L com dH<sub>2</sub>O. Autoclavar e guardar à temperatura ambiente.

#### **Tris-HCl 1 M, pH 8,0**

Dissover 121,1 g de Tris em 800 mL de dH<sub>2</sub>O, adicionar 42 mL de HCl concentrado, deixar arrefecer, ajustar o pH e perfazer a 1L com dH<sub>2</sub>O. Autoclavar e guardar à temperatura ambiente.

#### **NaCl 5 M**

Dissolver 292,2 g de NaCl em 800 mL de dH<sub>2</sub>O, perfazer a 1 L com dH<sub>2</sub>O. Esterilizar por filtração e guardar à temperatura ambiente.

#### **H<sub>2</sub>O destilada esterilizada (dH<sub>2</sub>O)**

Autoclavar H<sub>2</sub>O destilada, filtrada e esterilizada.

#### **Dodecilsulfato de sódio a 10% (SDS 10%)**

Aquecer 50 g de SDS (qualidade para eletroforese) em 400 mL de dH<sub>2</sub>O a 70°C, ajustar o pH a 7,2 com HCl concentrado, perfazer a 500 mL; não é necessária esterilização. Guardar à temperatura ambiente.

#### **EDTA 0,5 M**

Dissolver 18,6 g de EDTA em 80 mL de dH<sub>2</sub>O ajustando o pH a 8,0 (são necessários cerca de 2 g de péletes de NaOH), perfazer a 100 mL com dH<sub>2</sub>O. Esterilizar por filtração e guardar a 4°C.

## **7.2.2 Equipamento e material necessários para FISH**

- Banho de água (46°C)
- Forno de hibridização (48°C)
- Microscópio de epifluorescência ou Microscópio Confocal de Varrimento Laser (CLSM) equipado com os filtros adequados
- Moimho de células (Thomas Scientific<sup>®</sup>, Swedesboro, NJ, EUA)
- Citifluor AFI (Citifluor Ltd, Londres, Inglaterra)
- Meio de Montagem Hard-Set<sup>MR</sup> Vectashield (VECTASHIELD<sup>®</sup>, Vector Laboratories, Inc., Burlingame, CA, EUA)
- Lâminas de vidro revestidas a *teflon* com separação de 6 ou 10 campos de reação = poços (Paul Marienfeld GmbH & Co, Lauda-Konigshofen, Alemanha)

- Tissue-Tek O.C.T. (Sakura Finetek, Zoeterwoude, Holanda)

## 7.3 PROTOCOLO

### 7.3.1 Recolha de amostra e fixação

As amostras frescas são colhidas e fixadas logo que possível (usualmente, as lamelas ativadas e os biofilmes podem ser mantidos no frigorífico a 2-4°C, durante 2-3 dias, sem alterações significativas).

A preparação das amostras antes da hibridização com as sondas marcadas com fluorescência envolve a fixação e permeabilização, de forma a inativar as células microbianas e qualquer atividade enzimática, para evitar crescimento/decaimento após a colheita e para permeabilizar as células para a penetração das sondas. O agente de fixação mais comumente usado é o formaldeído polimerizado (paraformaldeído), que preserva a morfologia da célula, apesar de algumas células Gram positivas não serem permeabilizadas adequadamente com este fixador. Assim, a amostra é usualmente fixada independentemente para células Gram negativas e para células Gram positivas.

#### **Células Gram positivas:**

Misturar volumes iguais de lama e etanol a 96% num tubo de ensaio. Manter a solução no congelador (-20°C).

#### **Células Gram negativas:**

Misturar volumes iguais de lama com PFA frio, a 8%.

Incubar em gelo durante 1/2-3 horas, dependendo da textura da amostra e dos organismos alvo (algumas células requerem incubações curtas de forma a permitir a permeabilização da sonda, enquanto outras células permanecem detetáveis por FISH mesmo após várias horas de fixação. Tipicamente, as amostras de lamelas ou de biofilmes com material floculado devem ser fixadas durante 2-3 horas para permitir uma fixação uniforme das células do interior dos flocos/biofilmes).

Separar o PFA e a biomassa por centrifugação (3 500 g durante 8 min). Dissolver a pélete em 5 mL de PBS/EtOH 1:1 frio.

Separar por centrifugação (3 500 g durante 8 min). Repetir este passo mais uma vez. Após o último passo, ressuspender a pélete em 1-5 mL de PBS/EtOH 1:1 frio e misturar.

A amostra fixada pode ser mantida no congelador (-20°C) durante vários meses.

### 7.3.2 Preparação da amostra

Tipicamente, a amostra pode ser aplicada à lâmina, quer diretamente, para manter a resolução espacial dentro dos flocos, quer após uma homogeneização suave, para obter uma resolução mais elevada e assim contagens mais precisas (ver também o Capítulo 8). Pode obter-se uma homogeneização suave esfregando suavemente duas lâminas de vidro com 20 µL de amostra uma contra a outra ou, mais eficientemente, com um moinho de células.

Para manter uma resolução elevada e manter a resolução espacial, pode ser feito o crioseccionamento. O crioseccionamento pode ser conseguido embutindo a amostra em parafina ou em resina de polimerização fria (Tissue-Tek O.C.T.). Usualmente, o embutimento em parafina resulta em cortes precisos e homogéneos sem quebra da amostra de biomassa, mas requer o aquecimento da amostra e desengorduramento com xileno, enquanto que a aplicação de resina de polimerização fria pode ser levada a cabo a baixa temperatura e não requer tratamento químico posterior.

Antes de serem transferidas para azoto líquido, as amostras de biofilme/lama (p. ex. na tampa de um tubo *Eppendorf*) são revestidas por material de embutimento (Tissue-Tek O.C.T.), o qual pode migrar para o interior da amostra de um dia para o outro e polimerizar a 4°C. O seccionamento em cortes de 5-20 µm de espessura é levado a cabo num criótomo a -20°C (p.ex. Dublier *et al.*, 1995; Moter e Gobel, 2000; Gieseke *et al.*, 2005). Os cortes são imediatamente colocados numa lâmina (temperatura ambiente), onde fundem. Os cortes são deixados a secar na bancada durante 3 horas.

### 7.3.3 Imobilização das amostras em lâminas de vidro

Recomenda-se o uso de lâminas de vidro pré-tratadas, para resultar na melhor aderência possível sem perda de amostra durante tratamentos subsequentes, e para obter uma distribuição uniforme e homogênea da amostra. Usualmente, os melhores resultados são obtidos numa superfície relativamente hidrofílica, a qual pode ser obtida com lâminas lavadas com ácido e lâminas revestidas com gelatina ou poli-L-lisina. Recomenda-se uma lavagem com ácido antes do revestimento.

#### **Procedimento de lavagem com ácido**

Colocar as lâminas num recipiente de vidro contendo solução de HCl 1 M pré-aquecido (60°C). Deixar as lâminas repousar durante pelo menos 8 horas. Após arrefecimento, as lâminas são cuidadosamente lavadas em dH<sub>2</sub>O. Lavar as lâminas em etanol a 95% e deixar secar.

#### **Procedimento de revestimento das lâminas de microscópio com gelatina**

Lavar as lâminas (lâminas de vidro normais ou lâminas revestidas a *Teflon*) em etanol a 70%, deixar secar ao ar, mergulhar, durante 5 minutos, em solução de gelatina a 0,5%, a 70°C. Remover as lâminas e deixar secar ao ar, em posição vertical, num ambiente sem poeiras.

#### **Procedimento para revestimento de lâminas de microscópio com Poli-L-lisina**

As lâminas lavadas com ácido são incubadas numa solução de poli-L-lisina a 0,01%, durante 5 min, à temperatura ambiente. Remover as lâminas e deixar secar ao ar, em posição vertical, num ambiente sem poeiras.

#### **Imobilização das amostras em lâminas**

Colocar 5-15 µL da amostra numa lâmina, lamela ou em cada poço de uma lâmina revestida com *teflon*.

Usar a parte lateral da ponta da pipeta para espalhar a amostra. Deixar as amostras a secar na *hotte* até estarem completamente secas (15-30 min). A secagem a temperatura elevada (40-60°C) melhora a ligação de amostras diluídas às lâminas revestidas com gelatina.

### 7.3.4 Desidratação

A desidratação das amostras imobilizadas (não tratadas, homogeneizadas ou crio-seccionadas) remove a água da amostra, de forma a aumentar a resolução durante a microscopia. O tratamento em série com concentrações crescentes de etanol remove eficazmente a água na amostra, resultando numa amostra final com uma espessura reduzida de até quase 25%. Desidratar as lâminas com amostras de lama imobilizadas mergulhando-as, durante 3 min, num recipiente com etanol a 50%, seguidos de 3 min em etanol a 80% e por 3 min em etanol a 96%. Deixar as lâminas secar ao ar antes de prosseguir com o passo de permeabilização.

### 7.3.5 Permeabilização por tratamento enzimático ou químico

Para se atingir uma permeabilização suficiente da parede celular, alguns tipos de células requerem tratamento adicional por enzimas ou produtos químicos. Têm sido aplicadas várias enzimas e, apesar de existirem algumas orientações, as enzimas devem ser testadas individualmente para novos tipos de células. O tratamento com lisozima torna permeáveis muitas células Gram positivas; algumas requerem tratamento com ácido, lipase ou mutanolisina (Davenport *et al.*, 2000). Alguns organismos (p. ex., certos *Archaea*) não se prestam à estratégia de permeabilização por lisozima e requerem tratamento com protéase, p. ex. protéase K, mutanolisina ou acromopeptidase, enquanto outros (p. ex. *Mycolata*) requerem uma mistura dos vários tratamentos enzimáticos e/ou pré-tratamento suave de hidrólise ácida (p. ex. Carre *et al.*, 2005, Kragelund *et al.*, 2007b). O tratamento com enzimas, as incubações demasiado longas ou o tratamento com químicos demasiado agressivos são críticos e causarão a lise de algumas células mais sensíveis. Assim, pode ser incompatível avaliar múltiplos organismos em ambientes complexos. Por essa razão, deve ser usado sempre o tratamento mais suave.

#### **Procedimento para permeabilização com Lisozima**

Começar com amostras imobilizadas desidratadas em série com concentrações crescentes de EtOH.

Aplicar 10-15 µL de lisozima fria (36000-360000 U/mL) por lâmina (ou poço da lâmina) e colocar a lâmina numa posição horizontal, num tubo de polietileno de 50 mL, contendo papel absorvente com 2 mL de dH<sub>2</sub>O.

Incubar as lâminas a 37°C, durante 10-60 min.

Lavar as lâminas três vezes com dH<sub>2</sub>O, depois uma vez em etanol absoluto e depois deixar a lâmina secar ao ar.

Após a permeabilização, a lâmina pode ser guardada a -20°C, durante vários meses.

#### ***Permeabilização com Mutanolisina***

Aplicar 10-15 µL de solução fria de mutanolisina (5000 U/mL) em cada lâmina (ou poço em lâmina) e colocar a lâmina em posição horizontal, num tubo de polietileno de 50 mL, contendo papel absorvente com 2 mL de dH<sub>2</sub>O.

Incubar as lâminas à temperatura ambiente, durante 10-30 min.

Lavar a lâmina três vezes em dH<sub>2</sub>O, depois uma vez em etanol absoluto e deixar a lâmina secar ao ar.

Após permeabilização, a lâmina pode ser guardada a -20 °C, durante vários meses.

#### ***Procedimento para permeabilização com Proteinase K***

Começar com amostras imobilizadas desidratadas com EtOH em série.

Aplicar 10-15 µL proteinase K fria (2000-20000 U/mL) por lâmina (ou poço em lâmina) e transferir a lâmina para um tubo de polietileno de 50 mL com um pedaço de papel absorvente humedecido.

Incubar a lâmina a 37°C, durante 20-60 min.

Lavar a lâmina três vezes em dH<sub>2</sub>O, depois uma vez em etanol absoluto e deixar a lâmina secar ao ar.

Após permeabilização, a lâmina pode ser guardada a -20°C, durante vários meses.

#### ***Permeabilização com Acromopeptidase***

Aplicar 10-15 µL de solução de acromopeptidase fria (60 U/mL) por lâmina (ou poço em lâmina) e colocar a lâmina numa posição horizontal, num tubo de polietileno de 50 mL, contendo um pedaço de papel absorvente com 2 mL de dH<sub>2</sub>O.

Incubar as lâminas a 37°C, durante 20-60 min.

Lavar a lâmina três vezes em dH<sub>2</sub>O, depois uma vez em etanol absoluto e deixar a lâmina secar ao ar.

Após permeabilização, a lâmina pode ser guardada a -20 °C, durante vários meses.

#### ***Permeabilização com Lipase***

Aplicar 10 µL (75 U/mL) por lâmina (ou poço em lâmina) e colocar a lâmina numa câmara húmida contendo papel absorvente molhado com PBS, para parar a evaporação da solução de enzima.

Incubar as lâminas a 37°C, durante 60 min.

Após incubação, a solução de lipase é removida por lavagem da lâmina em dH<sub>2</sub>O. Depois, lavar a lâmina uma vez em etanol absoluto e deixar a lâmina secar ao ar.

Após permeabilização, a lâmina pode ser guardada a -20°C, durante vários meses.

#### ***Permeabilização com hidrólise suave com ácido***

As lâminas de microscópio contendo células desidratadas são sujeitas a ácido clorídrico (HCl 1 M), a 37°C, durante 30 min.

Lavar as lâminas com dH<sub>2</sub>O, depois uma vez em etanol absoluto e deixar a lâmina secar ao ar.

### **7.3.6 Preparação e verificação da qualidade das sondas**

Tipicamente, as sondas comerciais são recebidas liofilizadas e devem ser resuspensas em tampão TE. As soluções de armazenamento são diluídas para conterem 5 µg/µL. As soluções de trabalho são preparadas a uma concentração de 50 ng/µL (por diluição da solução de armazenamento 1:100 em dH<sub>2</sub>O) e são guardadas em alíquotas (50 a 100 µL) a -20°C.

Para testar se a concentração de sonda corresponde à concentração declarada pelo fabricante, a sonda é resuspensa em 50  $\mu\text{L}$  de  $\text{dH}_2\text{O}$ . A absorvância das soluções de armazenamento diluídas a 1:100 (em  $\text{dH}_2\text{O}$ ) é então medida a 260 nm ( $1 A_{260} \approx 20 \mu\text{g/mL}$  de oligonucleótido de ADN de cadeia simples).

Para verificar a qualidade da marcação do oligonucleótido, a razão de absorção de fluorocromo e ADN (assumindo marcação ótima), i.e.  $A_{260}/A_{550}$ , deve atingir  $\approx 1$  para uma sonda de 18 nucleótidos com marcação Cy3.

### 7.3.7 Hibridização

A hibridização da sonda nucleotídica no ribossoma da célula alvo deve ser levada a cabo sob estrigência elevada, com condições definidas no que respeita a temperatura de pré-aquecimento, força iónica e concentrações de formamida adequadas. Providenciando as condições adequadas, pode ser atingida uma estrigência suficiente para discriminar entre falhas de correspondência únicas no complexo hibridizado sonda-ribossoma.

Preparar 2 mL de tampão de hibridização para cada percentagem de formamida (ver a Tabela 7.1). A concentração de formamida deve refletir as condições otimizadas empiricamente para as sondas génicas aplicadas. Para detalhes sobre muitas sondas publicadas, ver outros capítulos deste livro ou visitar o sítio eletrónico de probeBase (<http://www.probeBase.net>; Loy *et al.*, 2007).

**Tabela 7.1.** Composição do tampão de hibridização para diferentes concentrações de formamida.

FA(%)	FA ( $\mu\text{L}$ )	Milli-Q ( $\mu\text{L}$ )	NaCl 5 M ( $\mu\text{L}$ )	Tris/HCl 1 M ( $\mu\text{L}$ )	SDS 10% ( $\mu\text{L}$ )
0	0	1600	360	40	2
5	100	1500	360	40	2
10	200	1400	360	40	2
15	300	1300	360	40	2
20	400	1200	360	40	2
25	500	1100	360	40	2
30	600	1000	360	40	2
35	700	900	360	40	2
40	800	800	360	40	2
45	900	700	360	40	2
50	1000	600	360	40	2
60	1200	400	360	40	2
65	1300	300	360	40	2
70	1400	200	360	40	2

Tipicamente, os procedimentos de hibridização são concebidos para ocorrerem a  $46^\circ\text{C}$ , mas podem ser levados a cabo a outras temperaturas alterando a concentração de formamida correspondente de acordo com a relação:  $1\% \text{ FA} = 0,65^\circ\text{C}$ .

Transferir 8  $\mu\text{L}$  de tampão de hibridização para uma pequena área da lâmina ou para cada poço numa lâmina revestida a *teflon*. Preparar uma lâmina de cada vez para evitar a evaporação do tampão de hibridização e alteração na estrigência.

Adicionar 1  $\mu\text{L}$  de cada sonda génica (solução de trabalho 50  $\text{ng}/\mu\text{L}$ ) e misturar cuidadosamente (evitar contacto com a amostra) com o tampão de hibridização (para todo o trabalho com sondas genéticas devem ser usadas pontas de pipetas esterilizadas). Se forem adicionadas mais sondas génicas ao mesmo poço, a ordem é da mesma forma exata – é adicionado ao poço 1  $\mu\text{L}$  de cada uma das sondas. Se necessário, são adicionadas concentrações equimolares de cada sonda competidora.

Colocar a lâmina horizontalmente num tubo de polietileno de 50 mL com um pedaço de papel absorvente molhado com 1-2 mL de tampão de hibridização. Colocar o tubo no forno de hibridização ( $46^\circ\text{C}$ ) por pelo menos 1 hora e meia (tem-se verificado que ocorre uma maior hibridização em zonas menos acessíveis do ribossoma aquando de hibridizações que duram até 72 horas, ver também o Capítulo 5).

As sondas com  $T_d$  diferente (que requerem diferentes concentrações de formamida) não podem ser aplicadas em conjunto, mas devem ser aplicadas numa hibridização dupla, com duas hibridizações subseqüentes, começando com a concentração de formamida mais elevada.

Durante a hibridização, preparar o tampão de lavagem num tubo de polietileno de 50 mL (a formamida é substituída por NaCl, de acordo com a Tabela 7.2). Pré-aquecer o tampão de lavagem num banho de água a 48°C.

Lavar suavemente a lâmina deitando alguns mililitros do tampão de lavagem pré-aquecido sobre a amostra (deve ser levado a cabo na *hotte* para evitar os vapores tóxicos de formamida).

Transferir a lâmina para o tubo de polietileno de 50 mL com o restante do tampão de lavagem pré-aquecido e incubar, durante 15 min, a 48°C (banho de água).

Remover as lâminas do tampão de lavagem e mergulhar em  $dH_2O$  fria. Deixar a lâmina secar ao ar.

**Tabela 7.2.2** Composição do tampão de lavagem correspondente às concentrações de formamida aplicadas durante a hibridização.

FA (%)	Tris/HCl 1 M pH 8,0	SDS 10% ( $\mu$ L)	NaCl 5 M ( $\mu$ L)	EDTA 0,5 M ( $\mu$ L)
0	1000	50	9000	0
5	1000	50	6300	0
10	1000	50	4500	0
15	1000	50	3180	0
20	1000	50	2150	500
25	1000	50	1490	500
30	1000	50	1020	500
35	1000	50	700	500
40	1000	50	460	500
45	1000	50	300	500
50	1000	50	180	500
55	1000	50	100	500

### 7.3.8 Coloração com DAPI

Após a hibridização, a lâmina pode ser corada, por exemplo, com o corante de ADN 4',6'-diamino-2-fenilindol (DAPI) para determinar a fração de positivos FISH em relação à contagem total de DAPI (opcional).

Adicionar solução DAPI (1  $\mu$ g/mL em água destilada), para cobrir a amostra, e corar durante 15 min, a 4°C, no escuro.

Lavar com bastante  $dH_2O$  e deixar a lâmina secar ao ar.

Notar que o DAPI apenas cora o ADN, para outros métodos de coloração ver o capítulo 8.

### 7.4 MICROSCOPIA

A avaliação do sinal de FISH é realizada após embutimento numa pequena gota de agente de montagem contendo um agente de antidescoloração (p.ex. Citifluor ou Vectashield). As misturas volumétricas de Citifluor e Vectashield são preferidas por vários utilizadores (opcional).

O meio de embutimento também pode ser suplementado com DAPI (concentração final de 1  $\mu$ g/mL). Usualmente, isto resulta em sinais fortes, mas produz uma fluorescência de fundo forte. As preparações coradas também podem ser guardadas a -20°C, sem perda substancial de intensidade de sinal.

Aquando do exame de múltiplas lâminas coradas, deve-se sempre examinar primeiro o comprimento de onda mais longo (menos energético), para evitar o decaimento.

Quando se examinam novas amostras, deve-se sempre incluir uma sonda não específica (Non-EUB338) usando o mesmo fluorocromo fortemente fluorescente que tenha sido usado com as sondas específicas (p.ex. Cy3 ou corantes Alexa). Bouvier e del Giorgio (2003) apresentam uma revisão detalhada dos fatores que influenciam a sensibilidade de FISH, o efeito do tipo de fluorocromo e as condições de estríngência.



## 7.5 RECOMENDAÇÕES E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Segue-se uma lista dos problemas típicos encontrados quando se trabalha com a técnica de FISH, tais como sinais fracos e problemas relacionados com o exame microscópico.

### **Teste de novas sondas oligonucleotídicas**

Existem vários programas de informáticos para o desenho de novas sondas (p. ex. o pacote de *software* ARB (<http://www.arb-home.de>) e Primrose (Ashelford *et al.*, 2002)). Várias publicações descrevem a escolha de parâmetros e os erros possíveis durante o processo de desenho de novas sondas (p. ex. Amann e Ludwig, 2000) e aqui serão dadas apenas algumas recomendações para o teste:

- As sondas novas devem sempre ser testadas empiricamente para otimizar a estringência aplicada (i.e. a concentração de formamida sob a qual deveriam ser aplicadas). Este teste é realizado por medição das intensidades de sinal de fluorescência após a FISH com incrementos de 5% de formamida numa cultura pura com nenhuma, com uma, ou com duas ocorrências de falhas de correspondência (colhidas no final da fase de crescimento exponencial). As intensidades de fluorescência das células individuais nas imagens adquiridas sob condições idênticas são quantificadas por análise de imagem e representadas em função da concentração de formamida (ver o Capítulo 8). A estringência de hibridização adequada é a concentração mais elevada de formamida que não resulta numa perda de intensidade de sinal das células alvo.
- A validação e a otimização podem ser realizadas por Clone-FISH, nos casos em que não exista cultura pura com uma correspondência perfeita e com uma falha de correspondência em relação à sequência alvo da sonda, o que se observa frequentemente nos casos em que a sonda foi desenhada a partir de bibliotecas de clones (para um exemplo, ver Kong *et al.*, 2005).
- Alternativamente, a sonda pode ser aplicada em ambientes microbianos complexos, tais como lamas ativadas. As intensidades de sinal de fluorescência e o número de células após FISH com incrementos de 5% de formamida são medidas por análise de imagem. As células com falhas de correspondência são detetadas (devido a baixa estringência) quando os números de células, dentro de um certo limite de fluorescência, começam a aumentar. A estringência adequada é encontrada, para a concentração de formamida, quando o número de células positivas de FISH começa a declinar.
- As previsões *in silico* (por computador) da estringência de hibridização adequada ainda não são suficientemente precisas e, por isso, a otimização da especificidade e sensibilidade da sonda deve ser realizada experimentalmente.
- A discriminação de falhas de correspondências pode ser baseada nas diferenças nos perfis de desnaturação de formamida ou pelo uso de sondas competidoras (recomendado quando  $\Delta FA < 20\%$ ).
- Verificar a capacidade de uma sonda nova formar estruturas em gancho ou auto-emparelhamento. Isto pode ser verificado com um *software* apropriado, tal como DINAMelt (Markham e Zucker, 2008).

### **Microscopia**

- A perda de células durante a hibridização pode ser minimizada por lavagem das lâminas com ácido e revestimento com gelatina. O aquecimento suave (40-60°C) durante a imobilização também diminui a perda de células. Se isso não for suficiente, então a adição de uma agarose de ponto de fusão baixo no topo das células imobilizadas pode reduzir a perda de células. O embutimento em agarose resultará em imagens menos nítidas, apesar de ainda utilizáveis para fins de quantificação (ver o Capítulo 8).
- Frequentemente, vêem-se imagens desfocadas quando se adicionam demasiados agentes anti-extinção e/ou óleo de imersão.
- Manter a iluminação da luz de excitação no mínimo, isso é, bloquear o percurso da luz quando não se estiver a examinar diretamente a amostra.
- Verificar sempre a existência de células ou detritos autofluorescentes verificando a existência de fluorescência a outros comprimentos de onda diferentes daquele que tenha

sido usado para a sonda. Tipicamente (mas não sempre) a autofluorescência tem um espectro de emissão largo.

- No caso de autofluorescências demasiado elevadas, escolher filtros de banda estreita em vez de filtros de banda larga.
- Um sinal de fundo demasiado elevado pode ser evitado usando menos amostras de biomassa ou amostras menos espessas. Às vezes, tempos de lavagem mais longos ajudam. Os flocos grandes podem ser homogeneizados esfregando duas lâminas de vidro com 20-40 µL da amostra uma contra a outra (movimentos circulares). São raros os homogeneizadores de amostras automáticos ótimos para amostras de lammas (são demasiado agressivos ou demasiado suaves). No nosso laboratório aplicámos, com sucesso, um moinho de células, o qual pode ser obtido em diferentes dimensões e volumes.
- Alguns fluorocromos simplesmente não resultam com certas amostras, quer devido a precipitação, quer devido a autofluorescência.

### **Sinais baixos ou ausência de sinais**

- A inacessibilidade da sonda pode provocar ausência de sinais ou baixa fluorescência. Isto pode ser ultrapassado por aplicação de sondas auxiliares (Fuchs *et al.*, 2000). Sondas auxiliares são sondas não marcadas desenhadas para detectarem sequências de ARNr adjacentes ao local alvo da sonda de FISH, e crê-se que abrem as estruturas secundárias e terciárias, aumentando assim a acessibilidade da sonda de FISH. Tem-se verificado que outra solução para os locais inacessíveis é um tempo de hibridização mais longo (Yılmaz *et al.*, 2006). Aumentar o tempo de hibridização (em até 72 horas) aumentará a difusão da sonda para dentro da célula e diminuirá as barreiras cinéticas de acessibilidade ao local alvo. Assim, atingem-se uma melhor eficiência de hibridização e sinais de fluorescência geralmente mais elevados.
- A permeabilidade insuficiente da parede celular descrita, por exemplo, para o grupo Mycolata, pode também limitar a acessibilidade do alvo, causando ausência de sinais de FISH ou sinais de FISH baixos. A aplicação de diferentes protocolos de pré-tratamento, tal como descrita neste capítulo, pode melhorar a permeabilidade da parede da célula para FISH.
- A escolha do fluorocromo é importante se ocorrerem sinais de fluorescência baixos. Quanto maiores forem os coeficientes de extinção, mais fortes poderão ser os sinais obtidos. Na Tabela 7.3 são listados os fluorocromos mais frequentemente usados, juntamente com os seus coeficientes de extinção.
- Evitar exposição longa a fontes de luz fortes. Guardar as lâminas de FISH no escuro.
- Remover cuidadosamente todos os vestígios de etanol das amostras guardadas antes de coloração com DAPI ou FISH, uma vez que o etanol pode enfraquecer o sinal de fluorescência.
- Evitar um tempo de fixação demasiado longo, o que pode reduzir a permeabilidade (especialmente para a fixação com PFA).

**Tabela 7.3.** Corantes fluorescentes mais comumente usados para marcar oligonucleótidos para análise FISH. Para filtros ótimos para visualizar os corantes dados acima, ver as páginas eletrônicas dos fornecedores principais (p. ex. <http://www.zeiss.de>; <http://www.chroma.com>).

Fluorocromo	Cor	Excitação Máx. λ (nm)	Emissão Máx. λ (nm)	Coefficiente de extinção (M <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )
Cy3	Vermelho	552	565	150,000
Cy5	Vermelho <sup>a</sup>	649	670	250,000
SYBR Verde	Verde	494	520	73,000
DAPI	Azul	350	456	27,000
FLUOS	Verde	494	523	74,000

TAMRA	Vermelho	543	575	65,000
Alexa-488	Verde	493	517	71,000
Alexa-546	Vermelho	562	573	104,000
Alexa-350	Azul	343	441	19,000

<sup>a</sup>emissão na região do infravermelho, o que para ser observável requer, por isso, uma câmara digital que detete a luz infravermelha e processe a imagem

### **Planeamento geral**

- Testar sempre a amostra em relação a ligação não específica aplicando uma sonda de alvo não específico (p. ex. NonEUB; Stahl e Amann, 1991). Usar o mesmo fluorocromo que foi usado para as sondas específicas a serem analisadas.
- Apesar de muitas células Gram positivas poderem ser vistas usando um protocolo de fixação de células Gram negativas (e vice-versa), algumas podem ser danificadas devido a obstrução da membrana celular ou lise celular. Não existe uma fixação universal, por isso deve usar-se o procedimento de fixação adequado para as células de interesse. Para fins de quantificação, cumprir as recomendações do Capítulo 8.
- Se possível, usar sondas múltiplas específicas para níveis filogenéticos diferentes, de forma a verificar que os alvos das sondas mais específicas (por exemplo, os alvos de todas as sondas específicas para género/estirpe) também são alvos das sondas específicas para filo/ordem/família.
- A eficiência de hibridização depende da extensão da hibridização e deve ser otimizada em novas amostras.
- A especificidade e a cobertura de sondas novas e antigas deve ser testada regularmente. Isto pode ser feito usando várias ferramentas acessíveis gratuitamente na *internet* [p.ex. ProbeBase (<http://www.probeBase.net>) ou Probematch (<http://rdp.cme.msu.edu/>)].

## 10

### Lista de Referências

- Adamczyk J., Hesselsoe M., Iversen N., Horn M., Lehner A., Nielsen P.H. *et al.* (2003). The isotope array, a new tool that employs substrate-mediated labelling of rRNA for determination of microbial community structure and function. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 6875-6887.
- Amann R.I. (1995). In situ identification of micro-organisms by whole cell hybridization with rRNA-targeted nucleic acid probes. In *Molecular Microbial Ecological Manual*. Akkermans A.D.L., van Elsas J.D., and de Bruijn F.J. (eds), pp. 1-15, Kluwer Academic Publications.
- Amann R., Fuchs B.M. (2008). Single-cell identification in microbial communities by improved fluorescence in situ hybridization techniques. *Nat. Rev. Microbiol.* 6, 339-348.
- Amann R., Ludwig W. (2000). Ribosomal RNA-targeted nucleic acid probes for studies in Microbial Ecology. *FEMS Microbiol. Rev.* 24, 555-565.

- Ashelford K.E., Weightman A.J., Fry J.C. (2002). PRIMROSE: a computer program for generating and estimating the phylogenetic range of 16S rRNA oligonucleotide probes and primers in conjunction with the RDP-II database. *Nucleic Acids Res.* 30, 3481-3489.
- Bottari B., Ercolini D., Gatti M., Neviani E. (2006). Application of FISH technology for microbiological analysis: current state and prospects. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 73, 485-494.
- Bouvier T., del Giorgio (2003). Factors influencing the detection of bacterial cells using fluorescence in situ hybridization (FISH): A quantitative review of published reports. *FEMS Microbiol. Ecol* 44, 3-15.
- Carr E.L., Eales K., Soddell J., Seviour R.J. (2005). Improved permeabilization protocols for fluorescence in situ hybridization (FISH) of mycolic-acid-containing bacteria found in foams. *J. Microbiol. Methods* 61, 47-54.
- Daims H., Purkhold U., Bjerrum L., Arnold E., Wilderer P.A., Wagner M. (2001c). Nitrification in sequencing biofilm batch reactors: lessons from molecular approaches. *Water Sci. Technol.* 43, 9.18.
- Davenport R.J., Curtis T.P., Goodfellow M., Stainsby F.M., Bingley M. (2000). Quantitative use of fluorescent in situ hybridization to examine relationships between mycolic acid-containing actinomycetes and foaming in activated sludge plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 1158-1166.
- DeLong E.F., Wickham G.S., Pace N.R. (1989). Phylogenetic stains: ribosomal RNA-based probes for the identification of single cells. *Science.* 243, 1360-1363.
- Dubilier N., Giere O., Distel D.L., Cavanaugh C.M. (1995). Characterization of chemoautotrophic bacterial symbionts in a gutless marine worm *Oligochaeta*, Annelida) by phylogenetic 16S rRNA sequence analysis and in situ hybridization. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 2346-2350.
- Eikelboom D.H. (1975). Filamentous organisms observed in activated sludge. *Water Res.* 9, 365-388.
- Eikelboom D.H. (2000). *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation.* IWA Publishing, London, England.
- Fuchs B.M., Glockner F.O., Wulf J., Amann R. (2000). Unlabeled helper oligonucleotides increase the in situ accessibility to 16S rRNA of fluorescently labeled oligonucleotide. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 3603-3607.
- Gieseke A., Nielsen J.L., Amann R., Nielsen P.H., De Beer D. (2005). In situ substrate conversion and assimilation by nitrifying bacteria in a model biofilm. *Environ. Microbiol.* 7, 1392-1404.
- Huang W.E., Stoecker K., Griffiths R., Newbold L., Daims H., Whiteley A.S., Wagner M. (2007). Raman-FISH: combining stable-isotope Raman spectroscopy and fluorescence in situ hybridization for the single cell analysis of identify and function. *Environ. Microbiol.* 9, 1878-1889.
- Jenkins D., Richard M.G., Daigger G.T. (2004). *Manual on cases and control of activated sludge bulking and foaming.* Lewis Publishers, Chelsea, Michigan.
- Juretschko S., Loy A., Lehner A., Wagner M. (2002). The microbial community composition of a nitrifying-denitrifying activated sludge from an industrial sewage treatment plant analysed by the full-cycle rRNA approach. *Syst. Appl. Microbiol* 25, 84-99.
- Kong Y., Nielsen J.L., Nielsen P.H. (2005). Identify and ecophysiology of uncultured actinobacterial polyphosphate-accumulating organisms in full-scale enhanced biological phosphorus removal plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 4076-4085.
- Kong Y., Xia Y., Nielsen J.L., Nielsen P.H. (2007). Structure and function of the microbial community in a full-scale enhanced biological phosphorus removal plant. *Microbiology.* 153, 4061-4073.
- Kragelund C., Remesova Z., Nielsen J.L., Thomsen T.R., Eales K.1., Seviour R.J. *et al.* (2007b). Ecophysiology of mycolic acid containing *Actinobacteria* (Mycolata) in activated sludge foams. *FEMS Microbiol. Ecol.* 61, 174-184.
- Loy A., Maixner F., Wagner M., Horn M. (2007). Improved 16S rRNA-targeted oligonucleotide probes: new features 2007. *Nucleic Acids Res.* 35, D800-D804.
- Markham N.R., Zuker M. (2008). UNAFold: software for nucleic acid folding and hybridization. *Methods Mol. Biol.* 453:3-31, 3-31.
- Moter A. and Gobel U.B. (2000). Fluorescence in situ hybridization (FISH) for direct visualization of microorganisms. *J. Microbiol. Methods* 41, 85-112.
- Seviour R.J., Nielsen P.H. (2009). *Microbial Ecology of Activated Sludge.* IWA Publishing, London, UK.

- Stahl D.A., Amann R. (1991). Development and application of nucleic acid probes. In *Nucleic acid techniques in bacterial systematics*. Stackebrandt E. and Goodfellow M. Eds. pp. 205-248, Wiley.
- Verstraete W., Wittebolle L., Heylen K., Vanparys B., De Vos P., van de Wiele N.T. (2007). Microbial resource management: The road to go for environmental biotechnology. *Eng. Life Sci.* 7, 117-126.
- Wagner M., Horn M., Daims H. (2003). Fluorescence in situ hybridisation for the identification and characterisation of prokaryotes. *Curr. Opin. Microbiol.* 6, 302-309.
- Wilderer P.A., Bungartz H.J., Lemmer H., Wagner M., Keller J., Wuertz S. (2002). Modern scientific methods and their potential in wastewater. *Water Res.* 36, 370-393.
- Yilmaz L.S., Okten H.E., Noguera D.R. (2006). Making all parts of the 16S rRNA of *Escherichia coli* accessible in situ to single DNA oligonucleotides. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, 733-744.
- Zwirgmaier K. (2005). Fluorescence in situ hybridisation (FISH) – the next generation. *FEMS Microbiol Lett.* 246, 151-158.



**Anexo**