

Desenvolvimento de um Modelo de Custeio para um Laboratório de Nanotecnologia

Joana Carneiro Moreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2017-06-26

Aos meus Pais

Resumo

A competitividade atual dos mercados obriga a uma diferenciação por parte das organizações. A área da nanotecnologia é ainda pouco explorada, e, por isso, é importante saber com rigor quais os custos em que a atividade laboratorial incorre. Isto permitirá aumentar a competitividade, melhorando a eficiência e diminuindo os custos, manter a coerência na hora de estipular preços e auxiliar na tomada de decisão.

A atividade laboratorial acarreta custos específicos e diferenciados das restantes indústrias. Ainda mais quando se está na presença de uma *cleanroom*, que para além de todas as condições que são precisas garantir, apresenta equipamentos de alta tecnologia. A criação de um modelo de custeio por equipamento revela-se assim um instrumento útil para a gestão estratégica.

A criação do modelo de custeio para a *cleanroom* incluiu três fases principais:

- Descrição dos processos;
- Apuramento de custos;
- Repartição dos custos e construção do modelo.

Os departamentos auxiliares, que garantem o funcionamento da área laboratorial, são abordados num segundo modelo.

São vários os modelos de custeio apresentados por diversos autores e descritos neste trabalho. No entanto, para a situação em estudo, a escolha recaiu sobre um modelo de centros de custo para o modelo correspondente à *cleanroom*; e o *Time Driven Activity Based Costing* (TDABC) para o dos centros auxiliares. Dois modelos bastante distintos, mas que se complementam.

Ambos os modelos são realizados com a ferramenta *Microsoft Excel*, que permite uma esquematização de todos os custos a ter em consideração. A passagem do modelo para um *software* especializado é uma hipótese. Como tal, foram apresentados alguns exemplos de *software* especializados na gestão estratégica de custos.

O modelo desenvolvido para a *cleanroom* serviu como piloto para a organização retirar ilações acerca da importância da implementação de um modelo de custeio que possa abranger, não só a *cleanroom*, mas também todas as outras instalações laboratoriais.

Development of a Nanotechnology Laboratory Costing Model

Abstract

Nowadays, the market competitiveness calls forth for a differentiation by the organizations. The nanotechnology is as of yet a very little unexplored field, so it's important to know, with accuracy, the cost of the associated laboratorial activities. This will lead to an increase in competitiveness, improving efficiency and lowering costs, keeping coherence when assigning prices and helping in the decision making process.

The laboratorial activities carry specific costs, which cannot be found in other industries, specifically in the presence of a cleanroom, which not only needs to ensure all the necessary conditions, but also requires high-technology equipment. The creation of a costing model by equipment becomes a useful instrument for a strategic management.

The creation of the costing model for the cleanroom consists of three main stages:

- Description of the processes;
- Evaluation of the costs;
- Allocation of the costs and building of the model.

The auxiliary departments, which ensure the laboratorial area's proper functioning, are approached in a second model.

There are various costing models presented by several authors and described in this work. However, for the current situation, a model of cost centers for the model corresponding to the cleanroom has been chosen; and for the auxiliary centers, Time Driven Activity Based Costing (TDABC) has been chosen. Two very distinct models, which, however, complement each other.

Both models are implemented using *Microsoft Excel*, which allows for a schematization of all other costs that must be considered. The application of this model in specialized software is a possibility. As such, some examples of specialized software in strategic cost management have been presented.

The model developed for the cleanroom served as a pilot so the organization could make some findings on the importance of the implementation of a costing model that can embrace not only the cleanroom, but all the other laboratorial installations as well.

Agradecimentos

Quero agradecer a todas as pessoas que me acompanharam durante o meu percurso acadêmico e que, de alguma forma, contribuíram para que fosse possível chegar aqui.

Ao Professor Eduardo Gil da Costa, por toda a paciência e dedicação. Por todos os conselhos e incentivos que me deu.

Ao INL, pela oportunidade de realizar este trabalho em condições que superaram largamente as minhas expectativas. Quero agradecer a todos os que contribuíram para o meu projeto e, mais do que isso, me receberam e integraram. Obrigada por toda a ajuda.

A todos os meus amigos, por estarem sempre perto e fazerem de mim uma pessoa feliz.

Por fim, agradecer à minha família, e aos meus pais em especial, por todo o apoio e disponibilidade. Não só durante a realização desta dissertação como durante toda a minha vida.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa.....	1
1.2	Enquadramento do Projeto e Objetivos	3
1.3	Metodologia de Desenvolvimento do Projeto	4
1.4	Estrutura da Dissertação.....	5
2	Enquadramento Teórico do Projeto.....	6
2.1	Gestão Estratégica de Custos.....	6
2.1.1	Custos Diretos e Indiretos	8
2.1.2	Custos Fixos e Variáveis.....	9
2.2	Sistemas de Custeio	9
2.2.1	Racional	10
2.2.2	Direto.....	10
2.2.3	Método ABC	11
2.2.4	Centros de Custo	13
2.2.5	Modelo <i>Time Driven Activity Based Costing</i> – TDABC	14
2.3	Modelos de Implementação de Sistema de Custeio	17
3	Análise da Situação Atual do Laboratório	19
4	Apresentação do Modelo de Custeio da <i>Cleanroom</i>	24
4.1	O Modelo de Custeio	24
4.2	Critérios gerais de repartição	25
4.2.1	Áreas.....	26
4.2.2	Tempo de Trabalho de cada Colaborador	27
4.2.3	Utilização dos Processos	27
4.3	Custo por Equipamento	27
4.3.1	Gastos Gerais.....	28
4.3.2	Gastos da <i>Cleanroom</i>	31
4.3.3	Processos.....	33
4.4	Resultados	42
5	Apresentação do Modelo de Custeio dos Departamentos Auxiliares.....	44
5.1	Tabelas de distribuição	44
5.2	Apuramento de Custos	46
5.3	Modelo de Custeio Desenvolvido com o Método TDABC.....	48
6	Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro	50
	Referências	52
	Anexo A: Layout da <i>Cleanroom</i>	53
	Anexo B: Centros de Custo	54
	Anexo C: Equipamentos da <i>Cleanroom</i> por Baía.....	56
	Anexo D: Utilização dos Processos por Equipamento	58
	Anexo E: Consumo por PT.....	60
	Anexo F: Esquema de UTA e UTAN da <i>Cleanroom</i>	62
	Anexo G: Modelo <i>Cleanroom</i>	63
	Anexo H: Tabela distribuição UTA por baía	74
	Anexo I: Colaboradores por departamento	75
	Anexo J: Modelo dos centros auxiliares	76

Siglas

ABC – *Activity Based Costing*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CA – *Compressed Air*

CRM – Customer Relationship Management

CW – *Cooling Water*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

INL – *International Iberian Nanotechnology Laboratory*

LIMS - *Laboratory Information Management System*

MOD - Mão-de-obra direta

N – *Nitrogen*

PT – Posto de Transformação

SNC – Sistema de Normalização Contabilística

TDABC – *Time Driven Activity Based Costing*

TI – Tecnologia de Informação

TOC – *Total Organic Carbon*

UPW – *Ultra-Pure Water*

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

Índice de Figuras

Figura 1 - Organograma do INL.....	2
Figura 2 - Contabilidade de gestão	6
Figura 3 - Alocação de custos, adaptado de (Caiado 2002)	8
Figura 4 – Atribuição de custos a objetos de custo, adaptado de (Horngren, Datar, and Rajan 2012).....	9
Figura 5 - Implementação de um método de custeio.....	18
Figura 6 - Divisão centros principais e centros auxiliares.....	20
Figura 7 – Zona de entrada da <i>cleanroom</i>	23
Figura 8 - <i>Gowning</i> - sala de acesso à <i>cleanroom</i>	23
Figura 9 - Página Inicial	25
Figura 10 - <i>Cooling water</i>	35
Figura 11 - Funcionamento do sistema de tratamento de ar.....	39
Figura 12 - Esquematização dos circuitos alimentados pelos <i>chillers</i>	41
Figura 13 - Página das áreas dos PI <i>Laboratories</i>	45
Figura 14 - Estrutura do <i>Wet e Dry Laboratories</i>	46
Figura 15 - Repartição de custos	46
Figura 16 - Página inicial.....	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição das siglas.....	3
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens do modelo TDABC, adaptado de (Cokins, Cpim, and Paul 2016) e de (Dias 2013)	17
Tabela 3 - Algumas despesas do SNC do ano 2016	21
Tabela 4 – Descrição e áreas de cada zona.....	26
Tabela 5 - Áreas das baías da <i>cleanroom</i>	27
Tabela 6 – Amortização da construção e da de equipamentos	29
Tabela 7 - Repartição custo de segurança	31
Tabela 8 - Critério de repartição de cada custo da <i>cleanroom</i>	43
Tabela 9 - Área de cada um dos departamentos auxiliares.....	45

1 Introdução

A nanotecnologia apresenta-se, na atualidade, como uma das grandes apostas no futuro.

Com base nos estudos de (Munoz-Ecija, Vargas-Quesada, and Chinchilla-Rodriguez 2017) pode dizer-se que *“a nano ciência e a nanotecnologia compreendem o estudo, design, criação, síntese, manipulação e aplicação dos materiais, equipamentos e sistemas funcionais (...), bem como a exploração de fenómenos e propriedades de materiais em nano escala”*.

A nanotecnologia é aplicada na energia, na eletrónica, em matérias de construção, nos têxteis, nos cuidados pessoais e na medicina.

São várias as áreas em que, de forma gradual, esta tecnologia é incorporada na nossa realidade de uma forma que revoluciona a forma como conhecemos o mundo e vivemos o quotidiano. O facto de ser uma área relativamente recente traduz-se numa infinidade de possibilidades que se encontram ainda por descobrir e torna esta uma das áreas mais aliciantes e motivadoras para muitos dos cientistas e demais profissionais que se dedicam à investigação e inovação. A nanotecnologia caracteriza-se pela sua possível integração em muitas outras temáticas, sejam a biologia, a alimentação, a saúde, o ambiente ou tecnologias de informação e comunicação.

É a estas áreas que o INL dedica as investigações nos seus laboratórios, que são de construção recente e estão equipados com equipamentos de elevada qualidade e precisão.

Para o auxílio de toda a investigação realizada nos laboratórios, estão disponíveis equipas que garantem o correto funcionamento e as melhores condições para que seja executado um trabalho de excelência.

O departamento financeiro, bem como os demais departamentos, são áreas que, indiretamente, prestam auxílio à investigação.

1.1 Apresentação da Empresa

O INL é uma instituição de referência na área da nanotecnologia e está sediado em Braga, num espaço registado como território internacional, onde se tem desenvolvido ao longo dos anos, e se encontra num processo de expansão. Está localizado num espaço com 47.000 m² e dispõe de cerca de 23.000 m² de construção, entre laboratórios, instalações de suporte e um edifício social.

A missão e a visão do INL são (INL 2017):

MISSÃO: *“Perform cutting edge interdisciplinary research, deploy and articulate nanotechnology for the benefit of society, with added-value products and solutions”*.

VISÃO: *“Become the worldwide hub for nanotechnology deployment, addressing society’s grand challenges”*.

Com vista ao desenvolvimento de investigações em diversas áreas, o INL encontra-se equipado de forma a disponibilizar as melhores condições para o desenvolvimento de atividades bastante distintas. Podem enumerar-se como principais tipos de laboratórios os

seguintes: *Cleanroom*, *Dry Labs*, *Wet Labs* e *High Accuracy*. É aí que equipas de investigadores procedem aos seus trabalhos.

Segundo (Caiado 2002) “as empresas estão estruturadas em segmentos organizacionais, cujo conjunto tem expressão no chamado organograma” que, para além de apresentar de forma esquemática os segmentos em que se encontra dividida a empresa, também inclui as funções que cabem a cada um e quem são os responsáveis.

Para dar apoio às áreas de investigação, o INL está organizado em departamentos da forma representada na Figura 1. A descrição das siglas está presente na Tabela 1.

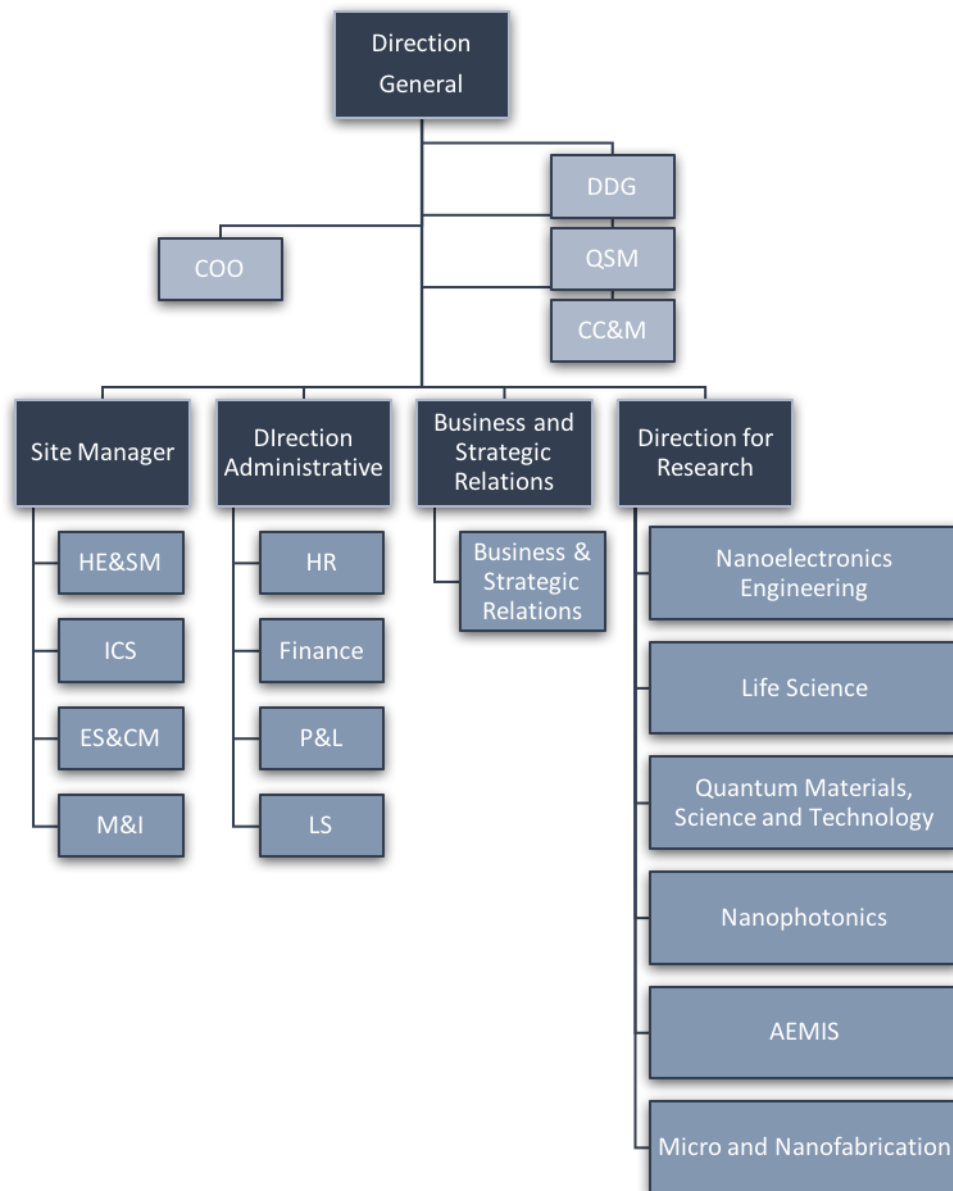


Figura 1 - Organograma do INL

Tabela 1 - Descrição das siglas

Sigla	Descrição
COO	<i>Chief Operation Officer</i>
DDG	<i>Deputy Director General</i>
QSM	<i>Quality Systems Management</i>
CC&M	<i>Corporate Communication & Marketing Manager</i>
HE&SM	<i>Health, Environment & Safety Management</i>
ICS	<i>Information and Communication Systems</i>
ES&CM	<i>Estate Service & Conference Management</i>
M&I	<i>Maintenance & Installation</i>
HR	<i>Human Resources</i>
P&L	<i>Procurement & Logistics</i>
LS	<i>Legal Service</i>
AEMIS	<i>Advanced Electron Microscopy, Imaging and Spectroscopy</i>

1.2 Enquadramento do Projeto e Objetivos

O presente projeto de dissertação foi realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e foi desenvolvido em ambiente empresarial, no departamento financeiro do INL.

A implementação de um sistema de custeio é um marco importante para a contabilidade de custos numa organização. Esta é uma temática que se revela cada vez mais crucial no auxílio à tomada de decisões de uma empresa, já que a organização da informação disponível é um fator a ter em conta quando se tem em vista o sucesso de uma organização e isto implica conhecimentos acerca dos custos inerentes às atividades desenvolvidas.

A existência de um sistema de custeio pode revelar-se uma mais-valia face aos outros laboratórios em que os custos não sejam tão detalhadamente analisados. A tomada de conhecimento dos custos que a atividade laboratorial implica leva à necessidade de perceber quais as principais origens dos mesmos; consequentemente, serão tomadas medidas com vista a diminuí-los.

Sendo um laboratório criado recentemente, o INL, não possui ainda um sistema de custeio capaz de repartir a variedade de custos indiretos pelos grupos de investigação e alocá-los, com a maior precisão possível, a cada projeto desenvolvido ou serviço prestado. Embora esta seja uma organização sem fins lucrativos, existe a necessidade de fazer uma correta alocação dos financiamentos às atividades; e a tomada de decisão pressupõe o conhecimento dos custos que cada alternativa acarreta.

Esta necessidade de criar um modelo de custeio, surge aquando o reporte e imputação de custos a projetos, algumas vezes aquém dos seus custos reais, pois não há forma de comprovar o verdadeiro custo associado ao desenvolvimento do projeto.

A par disso, prende-se ainda com o facto de, quando empresas, universidades ou organizações pretendem alugar de forma temporária algum equipamento ou laboratório, ser imprescindível saber qual o custo associado a essa atividade para que possa ser cobrado de forma justa.

Embora já existam no INL valores estipulados para atribuir a estas situações, estes não foram quantificados com base num modelo de custeio.

Assim, surgiu a necessidade, de incorporar um sistema que fosse ajustado à realidade do INL e que permitisse quantificar os custos associados ao desenvolvimento das atividades laboratoriais da *cleanroom*. Será assim promovida uma alocação detalhada dos custos aos projetos e atividades que neste laboratório se realizam.

O sistema de custeio, quando, e se, implementado, será também benéfico para complementar informação ao *software Laboratory Information Management System* (LIMS), disponível na *cleanroom*, e que constitui uma ferramenta ao serviço dos investigadores que utilizam essa sala, para reservarem a utilização de determinados equipamentos, bem como para registarem quando há avarias em algum deles de forma a que essa informação seja transmitida aos demais utilizadores.

O objetivo final do projeto é a obtenção de um modelo de um sistema de custeio, que possa fazer a correta gestão dos custos que a atividade laboratorial acarreta. Os dados disponíveis nesse modelo poderão ser posteriormente utilizados para integrar um *software* de custeio. A possibilidade de implementação dessa ferramenta no auxílio da gestão de custos será analisada no subcapítulo 2.3.

1.3 Metodologia de Desenvolvimento do Projeto

Para o desenvolvimento de um sistema de custeio, é imprescindível uma recolha de dados muito pormenorizada, o que requer tempo e disponibilidade por parte de muitos colaboradores.

O tempo limitado desta dissertação impôs a realização da repartição dos custos apenas da *cleanroom*, deixando os restantes laboratórios para uma fase posterior.

Embora o objetivo inicial fosse a realização do custeio da *cleanroom*, foi iniciado também o custeio das atividades indiretas que se realizam nos outros departamentos e proporcionam o correto funcionamento da instituição como um todo. Foram ainda sugeridas algumas aplicações informáticas que permitem a implementação do sistema de custeio no INL.

Os modelos de custeio criados tinham como obrigatoriedade serem desenvolvidos em inglês, já que o INL é uma organização internacional, da qual fazem parte pessoas de várias nacionalidades e, como tal, a informação deve estar ao alcance de todos.

Para que os objetivos propostos fossem atingidos, e superados, através da realização de um segundo custeio baseado nas atividades realizadas pelos restantes departamentos, a metodologia adotada foi:

- 1) Inventariação dos equipamentos disponíveis na *cleanroom*;
- 2) Os equipamentos funcionam com base em *inputs* de consumíveis (indiretos) e, na maioria dos casos, não existem dispositivos que os quantifiquem. Foi necessário compreender a rede de abastecimento para que, posteriormente, fosse feita a repartição dos custos, quer por laboratórios, quer por equipamentos da *cleanroom*;
- 3) Sugestão de meios e equipamentos que permitem uma medição precisa dos consumos em cada sistema;
- 4) Identificação de todos os custos diretos associados ao funcionamento da *cleanroom*;
- 5) Formação do modelo de custeio, referente aos custos associados à *cleanroom*;
- 6) Formulação de um possível modelo para os custos indiretos referentes aos demais departamentos (utilização do modelo TDABC);
- 7) Análise das diversas aplicações informáticas passíveis de serem utilizadas para a implementação do método de custeio no INL.

Embora ainda não existente, a implementação de um sistema de custeio no INL apresenta-se como algo viável e que, se produzido com detalhe, pode revelar-se uma ferramenta útil e funcional. Algumas condições e equipamentos para o registo do consumo de determinados equipamentos/ consumíveis estão já a ser implementados, o que aumentará o nível de detalhe caso seja executado algum método de custeio.

1.4 Estrutura da Dissertação

Para um correto entendimento do trabalho desenvolvido, esta dissertação foi organizada de uma forma sequencial.

No capítulo dois é apresentado um enquadramento teórico do projeto, em que se dá principal ênfase à gestão de custos, aos custos e aos modelos de custeio, bem como uma nota acerca da possível informatização dos métodos de custeio por empresas especialistas nesse tipo de atividades.

De seguida, no capítulo três, é apresentada a situação atual do INL, nomeadamente da *cleanroom*, e é explicada a necessidade do INL implementar um método de custeio.

No capítulo quatro é apresentado o primeiro modelo de custeio criado, destinado à *cleanroom*. Inicialmente é apresentado o modelo criado com a ferramenta *Microsoft Excel*, e detalha-se depois cada um dos custos em que a sala e os equipamentos incorrem durante o seu funcionamento.

No capítulo cinco é efetuada a descrição do segundo modelo de custeio criado, sendo apresentadas as suas funcionalidades, bem como os custos considerados para o desenvolver.

Por fim, apresentam-se as conclusões e algumas sugestões de melhorias futuras, quer aos modelos de custeio desenvolvidos quer à gestão de custos executada pelo INL.

2 Enquadramento Teórico do Projeto

Sendo este um projeto que pretende apresentar dois modelos de custeio, o enquadramento teórico apresenta como principais temáticas: a contabilidade de custos, a classificação de custos e métodos de custeio.

2.1 Gestão Estratégica de Custos

A contabilidade de custos é, segundo (Caiado 2002), o apuramento e análise de todos os custos de modo a que estes sirvam de auxílio ao controlo da gestão industrial.

(Drury 2006) menciona que os “sistemas de contabilidade de gestão devem fornecer informação para planear, controlar e medir a *performance*”.

Segundo (Caiado 2002) “a contabilidade de gestão abrange (...) todos os aspetos referentes à Contabilidade de Custos ou Interna e ainda todos os custos e proveitos respeitantes às restantes áreas da empresa (comercial, aprovisionamento e administrativa). A contabilidade de gestão é, por conseguinte, um sistema de medida de diferentes grandezas da empresa, facilitando a tomada de decisões e o controlo de gestão.” Foi assim auferido que este tipo de contabilidade tem por objetivo, por um lado, fornecer dados para controlo da gestão, e por outro, valorizar os produtos fabricado e em curso de fabrico. Esta dualidade é esquematizada na Figura 2.

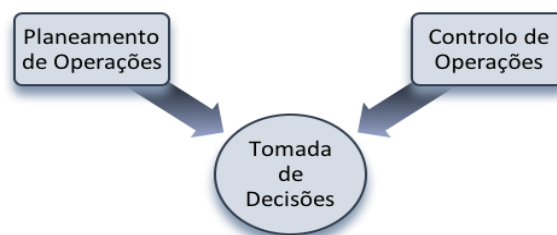


Figura 2 - Contabilidade de gestão

É importante que a contabilidade de gestão conte com informação atualizada e permita obter informações em tempo oportuno. A informação deve ser orientada para o futuro e para ação, tal é indispensável, nomeadamente, no apoio ao planeamento operacional. (Caiado 2002).

Para (Jordan, Neves, and Rodrigues 2008) o controlo de gestão tem como principais parceiros: a Direção-Geral, os responsáveis operacionais e os controladores de gestão. Muitas vezes, quem cria os sistemas de controlo de gestão não tem em conta as necessidades dos gestores operacionais, o que gera nestes uma sensação de desconfiança e deceção. É importante que o controlo de gestão siga as diretrizes da estratégia da empresa, assim, os instrumentos de gestão devem concebidos com os gestores e para os gestores. “O controlo de gestão é o esforço permanente realizado pelos principais responsáveis da empresa para atingir

os objetivos fixados”. O objetivo não é evidenciar a palavra “controlo” no sentido de fiscalizar, mas sim numa lógica de não perder o controlo, “*to keep under control*”.

Segundo (Caiado 2002), o custo industrial de um produto engloba três principais componentes: custo das matérias-primas incorporadas, da mão-de-obra aplicada e dos gastos gerais de fabrico. Cada uma destas principais rubricas pode englobar vários custos, tal como é descrito:

Matérias – bens adquiridos pela empresa com o objetivo de os transformar noutros produtos (matéria-prima) ou para servirem de apoio à transformação (matéria-subsidiária – fazem parte dos gastos gerais de fabrico) (Caiado 2002).

Mão-de-obra – abrange o montante das remunerações processadas ao trabalhador (ordenado, salário, horas extraordinárias, prémios e incentivos, ...) bem como o valor dos encargos sociais que são suportados pela entidade patronal, quer sejam obrigatórios (taxa social única, seguro de acidentes de trabalho, ...) quer sejam facultativos (feriados não obrigatórios, refeitório, creche, assistência médica, ...).

Durante o seu horário de trabalho, o trabalhador, pode aplicar as horas apenas no fabrico de um produto ou no fabrico de vários produtos, é assim importante fazer um registo individualizado para apurar o custo. Esse registo deve mencionar o trabalhador e o tempo que este dedicou a cada produto, encomenda ou obra. Sabe-se que o tempo de trabalho efetivo é inferior ao tempo de presença na empresa. A diferença corresponde aos tempos mortos, que, “devidamente valorizados, são normalmente imputados ao custo dos produtos de forma indireta, a exemplo do que acontece com os restantes gastos gerais de fabrico” (Caiado 2002).

Gastos gerais de fabrico – geralmente, dizem respeito a custos comuns a toda a produção, pelo que a sua repartição apresenta algumas dificuldades. São vários os fatores que têm contribuído para que estes gastos venham gradualmente a assumir uma importância crescente. “O desenvolvimento continuado da tecnologia, materializado numa automatização crescente, normalmente reduz os custos de mão-de-obra direta e aumenta o investimento em equipamento produtivo e respetivo pessoal de supervisão para a eficiente utilização do mesmo. Nas últimas décadas os custos de energia aumentaram de forma significativa” (Caiado 2002). (Kaplan and Anderson 2004) acrescentam, ainda, que muitas companhias abandonaram as estratégias da produção em massa e passaram a seguir estratégias que permitem oferecer ao cliente mais variedade, mais funcionalidades e mais opções. Os gastos gerais de fabrico aumentaram ainda devido ao facto de as empresas terem diversificado as linhas de produtos, os clientes e as regiões; bem como a oferta de funções e serviços mais especializados e personalizados.

Geralmente os gastos gerais de fabrico dizem respeito, segundo (Caiado 2002), a:

- Matérias subsidiárias;
- Mão-de-obra indireta;
- Energia elétrica;
- Amortização dos equipamentos, das máquinas e do edifício industrial.

A utilização de máquinas cada vez mais sofisticadas leva ao aumento do peso da última rubrica no custo de produção.

A repartição dos gastos gerais de fabrico torna-se um processo difícil por se tratarem de rubricas bastante heterogéneas e de carácter indireto na maioria dos casos.

“Isto suscita o problema dos coeficientes de imputação dos gastos gerais de fabrico. Entende-se por coeficiente de imputação a relação entre os gastos gerais de fabrico de certo período e a quantidade ou valor que expressa a atividade a que respeitam aqueles gastos – a denominada

base de repartição. Esta última pode ser as matérias primas, a mão-de-obra direta, o número de horas de trabalho das máquinas, o número de unidades fabricadas, ..." (Caiado 2002).

Segundo (Caiado 2002), a base de repartição deve permitir uma proporcionalidade entre os gastos gerais de fabrico e o valor, ou quantidade, que se toma para base. Tal relação pode ser descrita conforme apresentado na equação (2.1).

$$Quota\ de\ Imputação = \frac{Gastos\ Gerais\ de\ Fabrico}{Base\ de\ Repartição} \quad (2.1)$$

Para sumarizar a alocação dos custos aos produtos fabricados e em processo de fabrico, pode analisar-se o esquema da Figura 3.

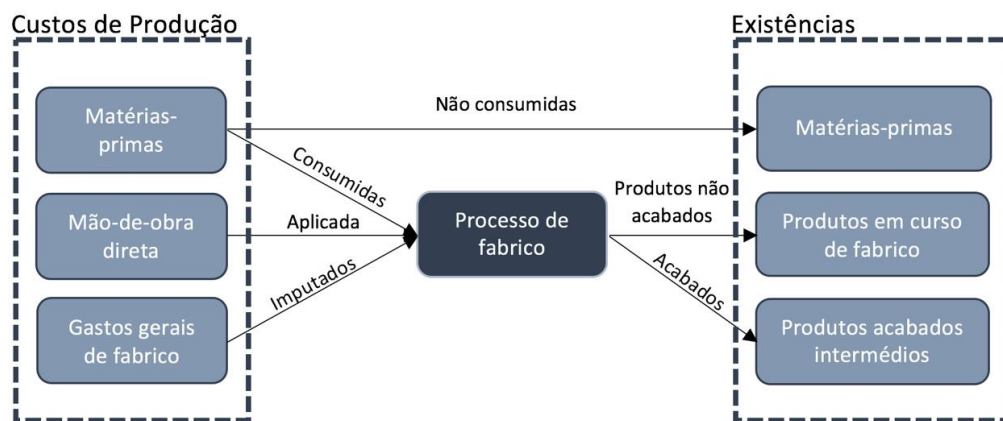


Figura 3 - Alocação de custos, adaptado de (Caiado 2002)

A contabilidade de gestão, segundo (Caiado 2002) deve apurar os custos de cada um dos segmentos organizacionais descritos no organograma, analisá-los e transmiti-los aos respetivos responsáveis, com vista a obter um maior controlo e adequação aos objetivos da empresa.

2.1.1 Custos Diretos e Indiretos

Por serem muitos os custos inerentes à atividade laboratorial, tal como noutras indústrias, também nesta se podem dividir os custos em diretos e indiretos. As suas definições são descritas de seguida (Horngren, Datar, and Rajan 2012):

Custos diretos – estão relacionados diretamente com um determinado objeto de custo. Deve, por isso, ser traçado um “caminho economicamente viável” para atribuir este tipo de custos aos objetos aos quais se encontram diretamente relacionados.

Custos indiretos – estão relacionados com vários objetos de custo, pelo que não pode ser traçado um caminho economicamente viável. É o caso, por exemplo, dos salários dos administradores, cujos trabalhos são necessários à atividade de produção, mas a sua área de influência abrange vários produtos, pelo que o custo não pode ser aplicado na sua exclusividade a apenas alguns deles.

Na Figura 4 pode visualizar-se esquematicamente o modo de atribuição de custos diretos e indiretos a um objeto de custo.

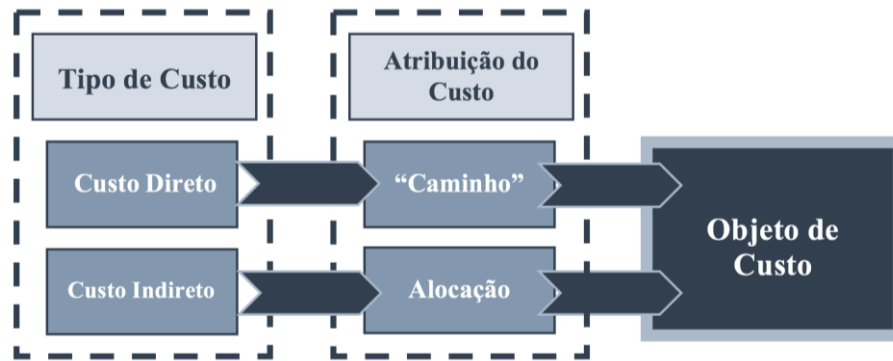


Figura 4 – Atribuição de custos a objetos de custo, adaptado de (Horngren, Datar, and Rajan 2012)

Se se levantar a questão de qual a vantagem em distinguir custos diretos de custos indiretos, (Caiado 2002) explica que “se há custos indiretos ou comuns a uma determinada quantidade de produtos, há que definir critérios para a sua repartição, tarefa esta que envolve bastantes dificuldades. Por outro lado, a repartição destes custos implica a adoção de determinados processos contabilísticos, nem sempre fáceis de implementar na empresa”.

2.1.2 Custos Fixos e Variáveis

Para (Caiado 2002), os custos variáveis correspondem aos custos diretamente relacionados com as variações no volume da produção ou venda. Estes podem crescer ou diminuir consoante as mudanças no nível de atividade. Como exemplo de custos variáveis, podem enumerar-se os associados à matéria-prima, à energia elétrica consumida pelas máquinas e ao transporte dos produtos vendidos.

Os custos fixos são, para (Caiado 2002), custos que variam com o tempo e não com o nível de atividade. São exemplo destes custos as amortizações, as rendas e os seguros.

Sumariamente, “existem custos que acompanham diretamente, e no mesmo sentido, as variações ocorridas na produção – os custos variáveis – e outros cuja variação é autónoma em relação às variações na produção – os custos fixos” (Caiado 2002).

2.2 Sistemas de Custeio

Os sistemas de custeio permitem apurar custos através da sua imputação a bens, produtos e/ou serviços. Para o apuramento dos custos, necessário à elaboração do método de custeio, podem usar-se, segundo (Caiado 2002), três diferentes tipos de metodologias:

- Custeio por lotes de fabrico, obra ou encomenda, utilizado quando a empresa dispõe de uma produção variável em que os produtos são perfeitamente distinguíveis uns dos outros. Este método é denominado direto ou de custos por ordem de produção.
- Custeio mensal utilizado quando a produção é contínua ou ininterrupta, sendo fabricado um número restrito de produtos, mas em grandes quantidades. Denomina-se método indireto ou dos custos por processos.
- Pode considerar-se um método misto quando até certa fase de produção é utilizado o método indireto e a partir daí se segue com o método direto. Um exemplo de empresas utilizadoras deste método, são as que confeccionam produtos que podem ser adaptados aos pedidos dos clientes.

A aplicação de um sistema de custeio permite, não só determinar os custos referentes a cada projeto e equipamento, mas também ajustar os orçamentos a apresentar no futuro, tendo em consideração valores recolhidos no passado (Caiado 2002).

A implementação de um sistema de custeio pode trazer alguns inconvenientes que são enumerados de seguida:

- A verificação e comparação dos projetos implica custos administrativos, embora estes possam ser minimizados com a informatização;

- Determinados fatores de carácter conjuntural (como greves, ruturas de aprovisionamentos e avarias de máquinas) condicionam a utilização dos dados para orçamentos futuros.

(Caiado 2002) dá especial ênfase a três principais sistemas de custeio: racional, direto e ABC. Estes três sistemas são descritos nos próximos subcapítulos.

2.2.1 Racional

O objetivo deste método é eliminar os efeitos de uma variação de atividade sobre os custos, quer dos centros de custos quer dos produtos.

Segundo este sistema de custeio, o custo industrial não engloba a parte dos custos fixos ou de estrutura correspondentes à capacidade não utilizada. “O custo da produção inclui, para além do custo primo, apenas os custos de transformação variáveis e a parte dos custos fixos correspondentes à atividade real” (Caiado 2002).

Assim, a imputação feita de acordo com o método racional, utiliza a expressão 2.2 para imputar os custos fixos aos centros:

$$\frac{\text{atividade real}}{\text{atividade normal}} \quad (2.2)$$

É através desta expressão que se obtém o coeficiente de imputação racional, nomenclatura utilizada por (Caiado 2002), que permite imputar os custos fixos.

Supondo uma Atividade Real (A_R) de 75% relativamente à Atividade Normal (A_N), a quota de gastos gerais de fabrico a imputar os produtos fabricados deve ser $\frac{3}{4}$ dos mesmos gastos.

Assim:

$$CV + CF * \frac{A_R}{A_N} \quad (2.3)$$

Onde:

CV, são os custos variáveis

CF, são os custos fixos

A_R , é a Atividade Real, e

A_N , é a Atividade Normal

(Caiado 2002) admite que o método de custeio racional dos custos fixos ou de estrutura não é raramente utilizado nas empresas para calcular os custos de produção. Ainda assim, os seus fundamentos são frequentemente considerados na determinação dos custos previsionais, nomeadamente nas empresas que trabalham em regime de encomendas.

2.2.2 Direto

O método de custeio direto, também conhecido por custeio variável, consiste, fundamentalmente, em distinguir e analisar custos diretos e custos indiretos.

Neste sistema de custeio considera-se que apenas os custos variáveis dizem respeito aos custos de produção, pelo que os custos fixos – independentes da quantidade produzida – são diretamente imputados ao resultado do período (Jordan, Neves, and Rodrigues 2008).

Segundo (Caiado 2002), neste sistema o custo dos produtos engloba os custos variáveis e os custos fixos específicos. Assim, os produtos em curso de fabrico e em armazém não incorporam todos os custos de produção.

2.2.3 Método ABC

Para (Banker, Bardhan, and Chen 2008) o método ABC surgiu como uma alternativa aos sistemas de custeio tradicionais. Este método, desenvolvido por Johnson e Kaplan em 1987, implica a monitorização e análise das atividades e a definição de custos com vista a adotar novas medidas com base nos resultados relevantes obtidos. Esta metodologia permite um posicionamento competitivo da empresa no mercado em que se insere.

Segundo (Kaplan and Cooper 1998) a hierarquia de custos feita com o método ABC pode ser aplicada à área de fabrico, ao marketing, à pesquisa e ao desenvolvimento. Permite que todas as despesas da organização sejam mapeadas numa metodologia de causa-efeito. Posteriormente ao início da implementação desta metodologia nas indústrias, também os serviços começaram a aplicar este método à sua realidade. A sua aplicação nos serviços foi mais tardia, já que os mercados não eram tão competitivos e, por isso, não havia uma exigência tão grande na informação.

Segundo (Costa 2015) apesar de ter surgido na indústria, hoje em dia, é nos serviços que esta metodologia tem mais expressão. As condições que devem estar implícitas numa empresa para que a metodologia ABC seja a mais adequada são as seguintes: “existência de gastos gerais de fabrico elevados, grande diversidade nos produtos/serviços e clientes, empenho da gestão de topo, disponibilidade de meios informáticos, grande competitividade e custos dos erros superior ao custo das medidas.”

As unidades industriais são cada vez mais automatizadas, o que leva a uma diminuição significativa do custo da mão-de-obra. Os gastos gerais de fabrico, por sua vez, têm verificado um aumento. Os critérios de repartição dos gastos gerais de fabrico com base na mão-de-obra deixaram de ser viáveis, pelo que “novos desafios se colocaram à contabilidade interna” (Caiado 2002).

O método ABC “procura, não apenas repartir os gastos gerais de fabrico pelos custos dos produtos numa base mais realista que o simples volume de produção, mas também fazer ressaltar a relação existente entre aqueles gastos e as atividades que as originaram” (Caiado 2002).

Podem enumerar-se as seguintes fases principais respeitantes a este sistema (Caiado 2002):

- 1) Identificar as principais atividades da organização;
- 2) Identificar os fatores que determinam os custos de cada atividade – os “*cost drivers*¹”;
- 3) Agrupar os custos de cada atividade;
- 4) Imputar os gastos gerais de fabrico de cada “*cost pool*²” aos produtos com base na respetiva utilização de cada atividade.

No sistema tradicional os custos eram imputados aos produtos essencialmente com base em dois principais critérios: horas-homem e/ou horas-máquina. No sistema ABC são utilizados

¹ *Cost driver* – Uma variável, como o volume de produção, que afeta causalmente os custos num determinado período de tempo (Horngren, Datar, and Rajan 2012).

² *Cost pool* – Grupo de custos individuais (Horngren, Datar, and Rajan 2012).

vários “*cost-drivers*” para auxiliar a repartição. Assim, obtêm-se custos de produção mais rigorosos, principalmente quando os gastos gerais de fabrico são elevados (Caiado, 2002).

Geralmente são escolhidos os mesmos *cost-drivers* para diferentes atividades de forma a agilizar a implementação do modelo. Assim, atividades relacionadas com o mesmo evento, usam o mesmo *cost-driver*. Podem ser escolhidos três diferentes tipos de *cost-drivers*: de transação, de duração ou de intensidade (Kaplan and Cooper 1998).

- De transação: São os *cost-drivers* mais baratos, mas também podem ser os menos fiáveis, já que “a mesma quantidade de recursos é requerida de cada vez que se inicia a atividade”. Exemplos: número de *setups*, de produtos, quantas vezes uma atividade é realizada;

- De duração: Quantidade de tempo necessária para realizar uma atividade;

- De intensidade: São os mais fiáveis, mas também os que representam um maior custo de implementação. Apenas devem ser usados quando os recursos associados à execução de uma atividade são também caros e variam de cada vez que a atividade é realizada.

Ideias gerais acerca do método ABC (Caiado 2002):

- Método de custeio que utiliza como base de imputação dos custos indiretos o contributo de cada atividade no fabrico de cada produto ou na prestação de cada serviço.

- Dado que a contabilidade está presente num imenso universo de organizações, é impensável definir um modelo único que permita calcular os custos de produção e de venda. A flexibilidade de critérios é a chave para a implementação de um modelo ABC.

- Para algumas organizações automatizadas o método ABC pode ser uma mais valia. No entanto, em organizações em que a mão-de-obra seja um fator relevante, é preciso refletir dado que a obtenção de informação contabilística adequada pode revelar-se uma utopia.

- Como em quase todas as áreas, também a de tratamento da informação tem vindo a avançar tecnologicamente, o que faz prenunciar alterações importantes. “A contabilidade, como subsistema do sistema de informação irá necessariamente refletir aquelas modificações. A análise ABC constitui, assim, um desafio na aplicação prática da contabilidade interna ou analítica”.

(Kaplan and Anderson 2004) salientam que algumas organizações falham na implementação do método ABC devido à resistência denotada em algumas empresas. Isto acontece por os custos organizacionais serem tratados como variáveis e por ser apresentada a possibilidade de haver clientes que não são lucrativos. Os sistemas ABC são caros, difíceis de sustentar e difíceis de modificar, pelo que alguma resistência na adoção do método é racional e justificável.

Também se pode levantar a questão acerca da fiabilidade dos custos obtidos com base em estimativas individuais acerca do tempo despendido em cada atividade. Isto porque quando as pessoas estimam qual o tempo despendido em cada atividade, geralmente dividem em percentagens que somadas perfazem 100%. Poucos são os que recordam que existem tempos não produtivos (Kaplan and Anderson 2004).

Para (Kaplan and Anderson 2004) implementar um sistema ABC convencional pode acarretar os seguintes problemas:

- O processo de entrevistas consome tempo e dinheiro;
- A enumeração das atividades da organização é uma tarefa difícil de solucionar;
- Os dados recolhidos com este modelo são subjetivos e difíceis de validar;

- A armazenagem, processamento e análise dos dados é cara;
- A maioria dos modelos são incorporados localmente e não fornecem uma visão integrada da empresa;
- É difícil atualizar o modelo.

Balanced Scorecard

O *Balanced Scorecard* mede a forma como o preço e outros atributos do produto ou serviço criam valor do cliente (Kaplan and Anderson 2004).

Segundo (Kaplan and Anderson 2004) o método ABC e o *Balanced Scorecard* são distintos mas complementares, pois o método ABC fornece o modelo de custos e o *Balanced Scorecard* descreve o modelo de criação de valor.

Enquanto que os sistemas de custeio tradicionais mostravam que todos os clientes eram lucrativos, a economia atual mostra que uma minoria dos clientes gera margens de lucro de 150% até 300%, enquanto que as relações com clientes não lucrativos causam perdas de 50% até 200% de lucros.

Segundo (Aly and Mansour 2017), Kaplan e Norton apresentaram, em 1992, o conceito de *balanced scorecard* como um método de medida e avaliação da performance numa perspetiva estratégica. Isto inclui medidas financeiras e não-financeiras especialmente focadas na satisfação do cliente; processos internos; e inovação e melhoria.

2.2.4 Centros de Custo

De entre os diversos métodos de custeio, o mais vulgarmente utilizado é o que utiliza centros de custos para repartição dos mesmos. Segundo (Caiado 2002) os custos da empresa podem ser analisados de acordo com as funções que originaram esses custos: compras, produção, venda, administração e financeira. Dentro de cada função podem ainda considerar-se várias subdivisões, pelo que os custos terão que ser perspetivados por cada uma destas últimas.

O método dos centros de custos é vulgarmente conhecido como método das secções homogéneas. Segundo (Caiado 2002) os custos de mão-de-obra direta e dos gastos gerais de fabrico são comumente distribuídos com base nesta metodologia já que o apuramento de custos produto a produto revela-se antieconómico. Assim, os custos de transformação, correspondentes às contas 61 a 69 da classe 6 do Sistema de Normalização Contabilística (SNC) são divididos em pequenos grupos de custos com certas afinidades – designados centros de custos.

Na definição dos centros de custos dentro de uma organização, pode fazer-se a distinção entre centros principais e centros auxiliares. Os segundos são “as secções que apoiam normalmente as secções fabris principais pelo que os seus custos são imputados a estas”. Para definir a abrangência de cada centro de custo, podem utilizar-se os seguintes critérios segundo (Caiado 2002):

- Topográfico: cada centro de custo pode abranger os custos que se realizam em determinado local;
- Responsabilidade: custos que se encontram sob a responsabilidade de determinada pessoa devem pertencer ao mesmo centro de custo;
- Funcional: O agrupamento dos custos deve fazer-se de forma a englobar operações idênticas.

Para a definição de cada centro de custo o ideal seria ter em consideração os três critérios. Como tal nem sempre é possível, (Caiado 2002) sugeriu a obediência às três seguintes condições:

- “Existência de uma medida comum para todos os custos do agrupamento, ou seja, uma unidade relativamente à qual todos os custos se podem considerar proporcionais (unidade de custeio), unidade essa que permite fazer o controlo e a imputação dos custos”;
- Existência de um único responsável;
- “O centro de custos deve abranger custos referentes a operações idênticas”.

São vários os custos que se revelam diretos para os centros auxiliares e consequentemente indiretos para os centros principais. Existe assim, segundo (Caiado 2002), numa primeira fase, uma repartição primária dos custos e posteriormente uma repartição secundária dos custos na qual os custos dos centros auxiliares são repartidos pelos centros principais com base no critério de repartição definido.

A repartição secundária é efetuada com base nos consumos de cada um dos centros principais. Por vezes, torna-se economicamente inviável “medir as contribuições de cada centro auxiliar a favor de outros centros” já que os custos administrativos podem não justificar os resultados que daí advêm. São assim comumente utilizados critérios definidos *a priori* (Caiado 2002).

De acordo com (Caiado 2002) para repartir os custos de determinado período pelas diversas secções, há que ter em consideração os dois tipos de custos: os custos diretos, que dizem respeito unicamente a um determinado centro; e os custos comuns a diversos centros, que é necessário repartir, como é o caso das amortizações, seguros, entre outros. O apuramento de custos é uma operação que implica periodicidade e posteriormente a repartição pelos centros é feita com base em critérios de repartição.

2.2.5 Modelo *Time Driven Activity Based Costing* - TDABC

Como forma de solucionar os problemas apresentados para o modelo ABC no subcapítulo 2.2.3 (Kaplan and Anderson 2004) propõem o método TDABC, uma alternativa menos onerosa que o sistema ABC e, que simplifica o processo de custeio, eliminando a necessidade de entrevistar e questionar os funcionários para alocar os custos às atividades antes de atribuir os custos aos produtos, encomendas, etc. O método TDABC permite “capturar uma maior variação e complexidade que o modelo ABC tradicional”, assim determina o custo e a capacidade de utilização dos processos e a rentabilidade dos clientes, produtos e encomendas.

Tal como descrito no subcapítulo 2.1, no método ABC os custos tidos em consideração são a matéria, a mão-de-obra e os gastos gerais de fabrico. Já no modelo TDABC, ao estimar os custos de cada departamento são tidos em consideração:

- Custos dos equipamentos;
- Custos de ocupação: parte da depreciação do edifício, manutenção, limpeza, seguros, entre outros. Departamentos que usam espaço mais caro, “como as *cleanrooms*, usadas na produção de *waffers* de semicondutores, ou salas de refrigeração, que armazenam produtos perecíveis, devem obviamente ter um custo superior”;
- Custos com colaboradores e despesas de suporte não diretamente ligados à produção: por exemplo, o departamento de recursos humanos ou o departamento financeiro. Embora não estejam envolvidos na produção representam um custo e necessitam de equipamentos auxiliares como computadores e outros equipamentos informáticos (Kaplan and Anderson 2004).

Dado que as relações com clientes apenas são desejáveis se forem lucrativas, o método TDABC é uma mais valia, pois permite medir a rentabilidade de cada cliente e implementa novas métricas, como, por exemplo, a percentagem de clientes não lucrativos e o dinheiro perdido com esses mesmos clientes.

Apesar de se basear em dados históricos, este modelo é característico pela sua capacidade preditiva do futuro, pois permite a análise *what-if* de variados cenários.

O método TDABC não implica definir as atividades e depois alocar os custos do departamento a cada uma delas – prática custosa e morosa comumente utilizada no método ABC. No método TDABC é dada primazia a equações de tempo que, de forma simples, atribuem o custo dos recursos aos centros que os consomem. Estas equações são fundamentadas em observações. Para a execução do modelo, é apenas necessário estimar dois parâmetros: a *Capacity Cost Rate* para cada departamento/recurso e a taxa de utilização em cada transição processada.

O tempo é utilizado como *cost driver* já que muitos recursos, como os colaboradores e os equipamentos, têm capacidades que facilmente podem ser medidas pela quantidade de tempo que disponibilizam para realizar determinado trabalho.

Uma das grandes vantagens é o facto de o modelo ser facilmente atualizado, pois de cada vez que são adicionadas novas atividades os colaboradores não têm de ser novamente entrevistados, apenas é necessário estimar quantas unidades de tempo são requeridas por cada nova atividade. Isto permite aos gestores fazerem evoluir o modelo à medida que vão tomando conhecimento da variedade e complexidade dos seus processos, encomendas, fornecedores e clientes (Kaplan and Anderson 2004).

1) *Capacity Cost Rate*

A *Capacity Cost Rate* consiste em obter o custo de determinado departamento ou serviço fornecido e depois dividir todo esse custo pela capacidade – tempo disponibilizado pelos empregados que atualmente realizam a tarefa (Kaplan and Anderson 2004).

$$Capacity\ cost\ rate = \frac{Custo\ da\ Capacidade\ Fornecida}{Capacidade\ Prática\ dos\ Recursos\ Fornecidos} \quad (2.4)$$

Exemplo:

Um determinado departamento apresenta um custo mensal de 565.000€. Sabendo que conta com 4 colaboradores, e que cada um trabalha 8 horas por dia, durante os 22 dias úteis de um determinado mês, a *capacity cost rate* será:

$$Capacity\ cost\ rate = \frac{565.000€}{4*8*60*22\ minutos} = 13,38€\ por\ minuto \quad (2.5)$$

Enquanto o Custo da Capacidade Fornecida é um dado, o parâmetro inferior do quociente deve ser estimado. Assim, estimar a capacidade de um empregado ou de um equipamento é um fator crucial à implementação deste modelo. Saber quantos dias em média um colaborador e as máquinas funcionam por mês e subtrair o tempo despendido em pausas, o tempo que as máquinas passam em manutenção, entre outros fatores que minimizam o tempo de trabalho útil. Este cálculo não tem de ser rigorosamente exato já que um pequeno erro raramente se revelará fatal, mas a sua estimativa é de elevada importância (Kaplan and Anderson 2004).

A *Capacity Cost Rate* pode alterar-se por dois motivos, segundo (Kaplan and Anderson 2004):

- Mudança no preço do recurso fornecido;

- Uma melhoria na eficiência da atividade, o que leva à diminuição do tempo necessário.

2) Taxa de Utilização

A segunda estimativa é a capacidade requerida – na maioria dos casos, tempo – para realizar uma transação. Esta estimativa pode ser obtida quer por observação direta quer por entrevistas. Também neste parâmetro, o valor não tem de ser rigorosamente estimado. Ao contrário do que acontece no modelo ABC tradicional, aqui não é necessário recorrer às estimativas subjetivas dos empregados, pois o consumo da capacidade do recurso pode ser observado e validado (Kaplan and Anderson 2004).

Equações de tempo (*Time Equations*)

Embora pareçam difíceis de implementar devido à quantidade de informação disponível e à quantidade de possibilidades existentes, as equações de tempo revelam-se muitas vezes simples para muitas empresas. “Os sistemas ERP já armazenam informação acerca da realização de pedidos, armazenamento e distribuição, entre outras características”.

Poucas pessoas necessitam de ser entrevistadas e os questionários acerca da quantidade de tempo alocado a cada atividade são eliminados, já que o tempo pode ser estimado ou observado diretamente. O modelo não necessita de ser regularmente atualizado pois as equações de tempo permitem ao modelo incorporar automaticamente as variações no processo. O sistema pode ser gerado automaticamente desde que a informação seja diretamente fornecida por outro *software* como um *Enterprise Resource Planning* (ERP) ou um *Customer Relationship Management* (CRM).

Uma vez desenvolvida uma equação temporal para determinado departamento, a equação pode frequentemente ser replicada para outros departamentos.

O modelo TDABC pode ser expandido linearmente adicionando termos à equação temporal.

“Um modelo TDABC requer menos equações que o número de atividades usadas num modelo ABC convencional, e permite mais variações e complexidade em encomendas, produtos e clientes. A complexidade no processo, causada por um determinado produto ou encomenda, pode adicionar termos, mas o departamento continua a ser modelado como um processo com uma equação de tempo”.

Ao construir as equações de tempo é frequente as empresas encontrarem atividades ineficientes, o que permite implementar sugestões de melhoria.

“Embora o método TDABC seja inicialmente baseado em estimativas calculadas com valores históricos, o seu maior potencial é ajudar a prever o futuro”. As equações de tempo permitem aos gestores fazer previsões já que podem alterar alguns parâmetros e simular situações. Como, por exemplo, prever a capacidade requerida para responder a uma determinada encomenda. Isto permite a empresa antecipar possíveis *bottlenecks* e assim ajustar a sua capacidade (Kaplan and Anderson 2004).

Aplicação do método TDABC

A correta implementação do método TDABC implica que este seja baseado numa interligação com o sistema de gestão da empresa (Kaplan and Anderson 2004).

São quatro as fases associadas à aplicação do sistema (Costa 2015):

1ª – Determinar uma área piloto onde o modelo será construído e aplicado. Essa área deve ser representativa da atividade da empresa para que após a sua aplicação o modelo possa ser estendido para a restante empresa.

2ª – A “equipa responsável pelo projeto define os campos de dados e identifica as fontes dos dados dos sistemas de Tecnologias de Informação (TI) da empresa”. A contabilidade geral da empresa é acedida através da área financeira. O auxílio dos colaboradores alocados nas operações é fundamental para o desenvolvimento das equações de tempo.

3ª – Os dados de custos e temporais são reunidos num *software* especializado que possibilita gerar informação acerca dos custos e rentabilidade.

4ª – Na última fase, o modelo é então aplicado a toda a empresa. Se as diferentes áreas da empresa se revelarem homogêneas a aplicação do modelo é mais fácil e rápida sendo apenas necessário proceder a pequenas modificações nos parâmetros das equações de tempo.

Após a descrição do modo de aplicação do método TDABC torna-se importante ressaltar quais as principais vantagens e desvantagens inerentes à sua implementação, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens do modelo TDABC, adaptado de (Cokins, Cpim, and Paul 2016) e de (Dias 2013)

Vantagens	Desvantagens
É atualizado automaticamente através da entrada de dados proveniente de uma fonte. A sua manutenção é por isso rápida e pouco dispendiosa.	As equações de tempo requerem, por parte do utilizador, compreensão das regras de sintaxe. Para além disso, algumas empresas têm dificuldade em medir o tempo de execução e a intensidade de consumo dos recursos.
Permite detetar dados transacionais (exemplos: encomendas, expedição, ...) e associar complexidade.	Falta de documentação, principalmente nas pequenas empresas, o que dificulta o desenho do sistema, por não terem os processos e atividades documentados.
Elimina ou reduz significativamente a quantidade de atividades listadas.	Atividades aleatórias e pouco padronizadas – existem exceções às atividades padrão, dificultando a inserção no sistema.
Permite calcular os custos associados à capacidade que não é aproveitada.	Algumas atividades são imprevisíveis, o que impede a modelação das equações de tempo – atividades com grau de subjetividade elevado e, por isso, dificilmente mensuráveis.

2.3 Modelos de Implementação de Sistema de Custeio

A implementação de um modelo de custeio implica as diversas etapas explícitas na Figura 5.

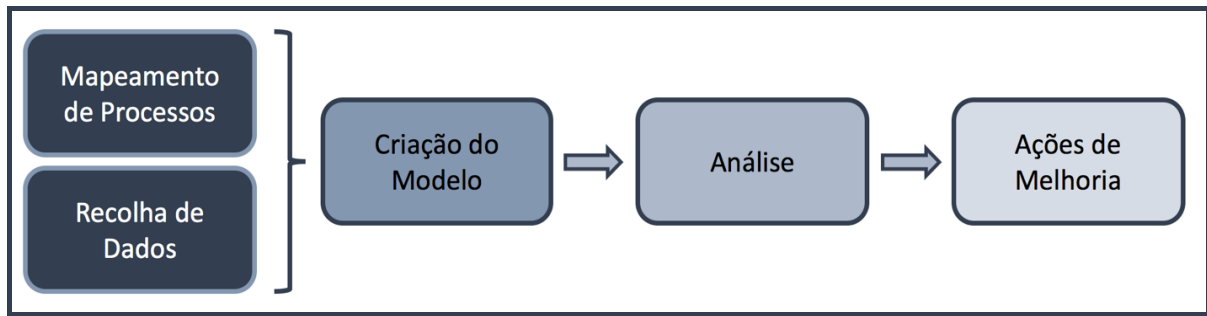


Figura 5 - Implementação de um método de custeio

Numa fase inicial é fundamental compreender e detalhar os processos e todos os custos associados às atividades desenvolvidas.

Já na posse dos dados relevantes, é possível criar um modelo que agregue e reparta todos os custos em que as atividades incorrem.

O modelo criado permite a obtenção de resultados que possibilitam auferir acerca da rentabilidade dos processos, das máquinas ou de outro objeto de estudo.

É com base nos resultados obtidos, e na análise a eles feita, que se planificam ações de melhoria a implementar como forma de otimizar processos e, consequentemente, resultados (Caiado 2002).

Informatização de Sistema de Custeio

A informação é uma ferramenta importante, já que “está intimamente ligada à decisão – ato de tomar partido e de tomar o curso de ação”, e a sua organização é fundamental. O tratamento da informação da contabilidade interna representa um custo adicional para a empresa, pelo que geralmente são reunidos esforços para que a informação seja obtida com a maior veracidade possível, sem provocar um acréscimo substancial nos custos de funcionamento (Caiado 2002). Parte da metodologia utilizada para informatizar um sistema de custeio é descrita nos seguintes tópicos:

1º – Vulgarmente é utilizada uma classe 9 para as principais contas e define-se uma série de mapas onde se faz o apuramento dos custos;

2º – É feito um inventário permanente que permite a gestão e valorização de existências;

3º – O sistema informático é então útil para o tratamento dos dados, dado que sistemas manuais já se encontram em desuso.

A utilização de um *software* informático é uma hipótese quando se chega à fase de criação do modelo. Apesar da sua fiabilidade, “há que ter em conta que os custos rigorosamente reais são uma utopia”.

Existem empresas, como a *Cost and Profitability*, que garantem a implementação, por exemplo, da metodologia TDABC, deslocando-se às empresas.

A empresa *Ignite Technologies* apresenta diversos *softwares*, dentro desses, dois deles são direcionados à área financeira. Tal como em alguma bibliografia, também esta empresa afirma que 20 a 40% dos clientes, ou produtos, causam prejuízo. A *Ignite* promete identificar quais são esses clientes/ produtos bem como a razão pela qual não estão a gerar lucros para a empresa. Um dos programas mais adequados para a adoção de modelos de custeio apresentado pela *Ignite* é o *Share Services Manager* (SSM). É uma solução que simplifica e gere a alocação de custos. Possibilita a integração do modelo de custeio, a recolha de dados e a obtenção de resultados. Este programa possibilita a obtenção de dados provenientes de vários formatos como TXT, CSV, XLS e XLSX.

3 Análise da Situação Atual do Laboratório

A realização deste projeto prende-se com a necessidade do INL de implementar um método de custeio. Os motivos que originam essa necessidade são:

- Quantificar e alocar os custos de investigação por projeto/ por grupo de investigação;
- Orçamentar e controlar os custos dos serviços prestados;
- Permitir controlar e reduzir os custos;
- Realizar estimações orçamentais mais apuradas, bem como um sistema de faturação interna.

Dada a diversidade dos grupos de investigação e a sua interdisciplinaridade, é frequente o intercâmbio de conhecimentos e experiências. Apenas com um sistema de custeio detalhado será possível quantificar e imputar os custos aos respetivos projetos e grupos de investigação.

O INL é um laboratório que integra investigação em várias áreas, estando atualmente dividido em seis departamentos de investigação, conforme foi apresentado no subcapítulo 1.1:

- *Nanoelectronics Engineering*;
- *Nanophotonics*;
- *Quantum Materials, Science and Technology*;
- *Life Science*;
- *Advanced Electron Microscopy Imaging and Spectroscopy*;
- *Micro and Nano Fabrication*.

Cada um destes departamentos é composto por vários grupos de investigação e possuem ainda laboratórios específicos designados por “*facilities*”. Dada a dimensão de cada departamento, e o tempo disponível para realizar este projeto, optou-se por focar o trabalho na realização de um método de custeio apenas orientado à *cleanroom*. A *cleanroom* é o laboratório do departamento *Micro and Nano Fabrication* e uns dos principais da organização.

Por ser uma organização ainda recente e se encontrar numa fase de crescimento, o INL apresenta uma gestão de custos ainda pouco rica em informações, não tendo implementado um método de custeio que permita uma correta alocação dos custos aos respetivos objetos de custo, neste caso os equipamentos da *cleanroom*.

Atualmente o INL já incorpora na sua contabilidade uma estrutura de centros de custo em que identifica, para cada grupo de investigação, um centro de custo. As áreas auxiliares – administrativa, manutenção, desenvolvimento de negócio e estratégia e direção – também estão identificadas nos respetivos centros de custo. Tal estrutura é apresentada no anexo B do presente relatório, distinguindo os centros auxiliares dos centros principais onde se realiza a atividade laboratorial.

Embora esta divisão já apresente valores para cada centro identificado, o sistema ainda não detalha todos os custos por projeto/ atividade nem faz uma repartição dos custos dos centros

auxiliares para os centros principais. Os centros principais do INL são os responsáveis pela área científica, pelo que todos os outros centros são auxiliares. Esta divisão pode ser verificada na Figura 6.

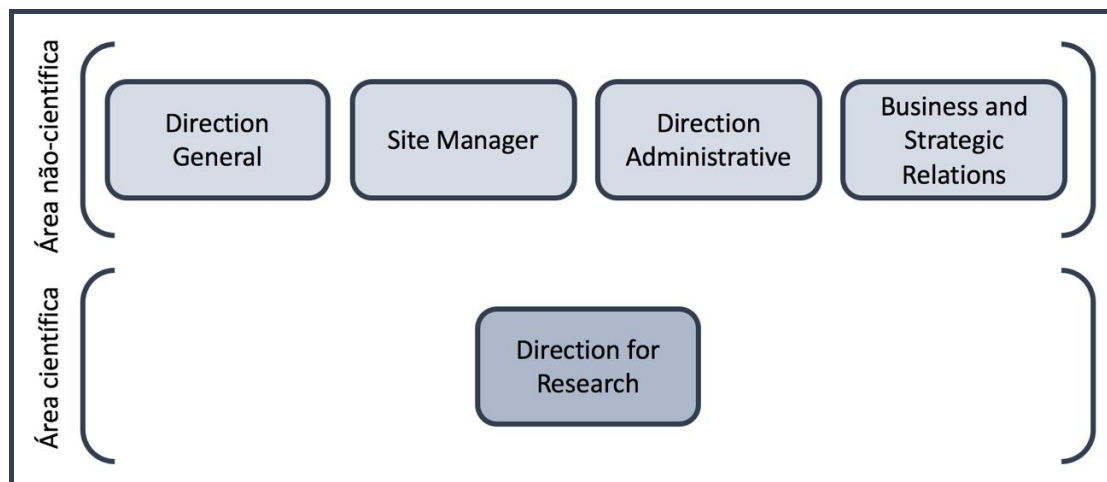


Figura 6 - Divisão centros principais e centros auxiliares

Neste sentido, pretende-se, com este trabalho, repartir os custos indiretos e imputar os custos diretos, inerentes à *cleanroom*, pelos equipamentos que lá se situam. Pretende-se ainda repartir os custos dos centros auxiliares pelos centros principais de investigação.

Os valores usados no decorrer deste projeto foram modificados por questões de confidencialidade, embora esse facto não interfira com os objetivos propostos.

De facto, por ainda não ser realizada uma contabilidade de custos muito detalhada, é necessário obter conhecimentos acerca dos vários custos em que a atividade laboratorial incorre. Aquando do início do projeto, o INL disponibilizava, através do ERP de gestão, o custo total de cada centro de custo. Esta metodologia revelou-se insuficiente, pois, por exemplo, a *cleanroom* era o centro de custo que assegurava todo o custo de azoto, sendo que não era o único centro de custo utilizador deste consumível. Por outro lado, não estava a ser efetuada uma alocação de custos (diretos e indiretos) por equipamento, o que dificultava a imputação dos custos reais a cada projeto. Tornava-se então evidente a necessidade de uma correta repartição de custos, quer dos consumíveis, quer dos vários custos indiretos, pelos diferentes centros de custos/ laboratórios.

Assim, foi perçetível que uma importante parte deste trabalho, iria focar-se na análise dos custos indiretos relacionados com os processos da área da manutenção, visto serem parte fundamental do funcionamento da *cleanroom* e não estando a ser tratados dentro do sistema atual.

É imprescindível detalhar os custos associados a cada processo que garantem o funcionamento dos equipamentos nas melhores condições, tais como: água ultrapura, *cooling water*, azoto, ar comprimido, vácuo e exaustão. Além destes custos, acresce também o da eletricidade, da manutenção de cada um destes processos e do edifício em geral, da amortização dos equipamentos, do ar tratado (que implica os custos de *chillers* e caldeiras), segurança e limpeza, entre outros. Todos estes custos têm de ser alocados, direta ou indiretamente, no caso deste projeto, à *cleanroom*, pois os equipamentos não funcionam sem estes processos, nem sem químicos ou sem gases. Por trás de cada um dos processos acima enumerados encontram-se também custos associados ao seu funcionamento, como é o caso da água, da eletricidade e da manutenção, entre outros. Este envolvimento de variados custos, diretos e indiretos, implica um estudo aprofundado e detalhado.

A esquematização de cada um dos processos é uma ferramenta muito útil para entender o seu funcionamento. Nesse sentido, o esquema de construção de cada um dos processos foi

disponibilizado pelo INL como forma de garantir informação viável na realização deste relatório. Por serem confidenciais, estes esquemas não são apresentados neste trabalho.

Para melhor ilustrar o caso do INL, apresenta-se valores hipotéticos das principais rubricas de despesa (classe 6 do SNC) para o ano de 2016. Estas rubricas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Algumas despesas do SNC do ano 2016

Conta	Descrição	2016
62	Fornecimentos e Serviços externos	4.981.103€
622	Trabalhos Especializados	1.957.764€
623	Materiais	837.742€
624	Energia e Fluidos	1.319.603€
625	Deslocações, estadas e transportes	453.016€
626	Serviços diversos	412.979€
63	Gastos com o pessoal	7.612.935€
64	Gastos de depreciação e de amortização	7.387.156€
	TOTAL	19.981.194€

Cada uma das rubricas pode detalhar-se da seguinte forma:

- **Trabalhos especializados:** nesta rubrica estão incorporados gastos com a manutenção do edifício e equipamentos, serviços de Tecnologia de Informação (TI), a segurança do edifício, serviços de consultoria e gastos com publicidade. Ou seja, um conjunto de custos indiretos que necessitariam de um tratamento detalhado para uma repartição pelos centros de custo principais. No caso da manutenção dos equipamentos esta alocação deveria, inclusive, ser detalhada por equipamento;

- **Materiais:** os gastos incluídos nesta rubrica dizem respeito essencialmente aos consumíveis que cada grupo de investigação gasta. Mais uma vez, não existe um sistema capaz de detalhar a utilização destes consumíveis por projeto e/ou por equipamento, chegando a ocorrer a situação de um determinado consumível estar afeto a um centro de custo embora a sua real utilização seja repartida por vários centros;

- **Energia e fluídos:** eletricidade, gás e água são os gastos que compõem esta rubrica. Um enfoque especial será dado ao consumo de energia elétrica para se apurar a melhor forma de repartir este gasto;

- **Deslocações, estadas e transportes:** gastos com viagens e deslocações são relativamente simples de alocar a centros de custo uma vez que dizem respeito a funcionários que pertencem a centros de custo. Todavia, tratando-se por vezes de um custo indireto (sempre que relacionado com participações em formação, conferências e seminários) torna-se necessária a sua inclusão e respetiva repartição para o cálculo do custo/hora dos equipamentos. Considera-se que o custo é indireto nestas situações, porque um colaborador de determinado centro de custo pode ir representar o INL e, como tal, o custo não pode ser diretamente imputado, mas sim repartido;

- **Serviços diversos:** esta rubrica compreende gastos com seguros, limpeza, comunicação e alugueres (ex. garrafas de gases) que, representando gastos indiretos, também terão que ser alvo de repartição, já que ainda não estão a ser detalhados pelo INL;

- **Gastos com pessoal:** encontrando-se o INL numa fase de forte crescimento, os recursos humanos representam um peso cada vez maior na estrutura de gastos da organização. Neste momento existe uma alocação de cada funcionário a cada centro, inclusive *timesheets* no caso de funcionários alocados a projetos financiados, faltando, todavia, a repartição dos gastos dos centros de auxiliares pelos centros principais;

- **Gastos de depreciação e de amortização:** esta rubrica, à semelhança da anterior, também tem um peso bastante significativo e atualmente representa uma limitação ao sistema, na medida em que ainda não há uma alocação dos equipamentos aos respetivos centros.

Cleanroom

Segundo a *International Organization for Standardization* (ISO), uma *cleanroom* é “uma sala na qual a concentração de partículas no ar é controlada e que é construída e utilizada de forma a minimizar a introdução, a geração e a retenção de partículas dentro da sala e em que outros elementos relevantes, como, por exemplo, a temperatura, humidade e pressão, são controlados”. Outros fatores, como a luminosidade, som e vibração são também controlados.

O ar fornecido à *cleanroom* é previamente filtrado e depois usado para diluir e remover as partículas e as bactérias existentes devido às pessoas e à maquinaria presentes. A pressão é também um parâmetro a ter em conta para garantir que os fluxos de ar poluído sejam expulsos, através de um sistema de insuflação e extração de ar.

Segundo (Whyte 2001) os materiais de construção da *cleanroom* são um fator a ter em consideração visto que estes não devem gerar partículas e devem ser facilmente laváveis.

Para (Chen, Chen, and Wang 2014) as pessoas são a maior fonte de contaminação de partículas. Devem usar roupas próprias antes de entrar, de forma a prevenir a propagação de contaminações provenientes do ambiente externo. Estas proteções são normalmente máscaras, fatos e calçado, cobrindo assim todo o corpo que possa ser portador e gerador de partículas contaminantes.

Uma das indústrias onde as *cleanrooms* têm mais expressão é na fabricação de semicondutores. Os parâmetros de limpeza para as *cleanrooms* presentes nessa indústria são muito elevados, dado que pequeníssimas partículas podem tornar o semicondutor disfuncional (Whyte 2001).

Cada indústria requer diferentes funções e níveis de *cleanroom*. Por exemplo, no INL, dentro da *cleanroom*, verifica-se a existência de classe 100 e classe 1000. Tomando como exemplo a classe 100, isto significa que o número de partículas de tamanho superior a 0.5 μm não deve exceder as 100 unidades em cada metro cúbico.

Atendendo ao método de ventilação, as *cleanrooms* podem ser caracterizadas em dois diferentes tipos: ventilação turbulenta e de fluxo unidirecional. As últimas apresentam um fluxo de ar laminar e uma quantidade de ar superior às que estão capacitadas de uma ventilação turbulenta (Whyte 2001). A *cleanroom* do INL apresenta um fluxo de ar laminar, e, para que esse fluxo não seja comprometido, há regras como não correr e não obstruir as saídas de ar.

A *cleanroom* é uma infraestrutura particular e limitada dos restantes laboratórios que funciona 24 horas por dia, todos os dias, à exceção da ocorrência de alguma manutenção geral. A *cleanroom* oferece soluções de micro e nano fabricação quer a pessoas internas à organização, quer a pessoas externas. No entanto o seu acesso é restrito e sujeito a autorização e conhecimento das regras e procedimentos. Para além do acesso, também a utilização dos equipamentos tem de ser autorizada pelo seu responsável. Para agendar a utilização de um equipamento, ou para pedir informação e/ou formação para algum dos equipamentos da *cleanroom*, utiliza-se o *Laboratory Information Management System* (LIMS).

O *layout* da *cleanroom* pode ser consultado no Anexo A, onde é apresentada a divisão das baías pelos 1170m² de área.

O acesso a este laboratório faz-se pela *pre-gown area*, destacada a roxo na Figura 7.

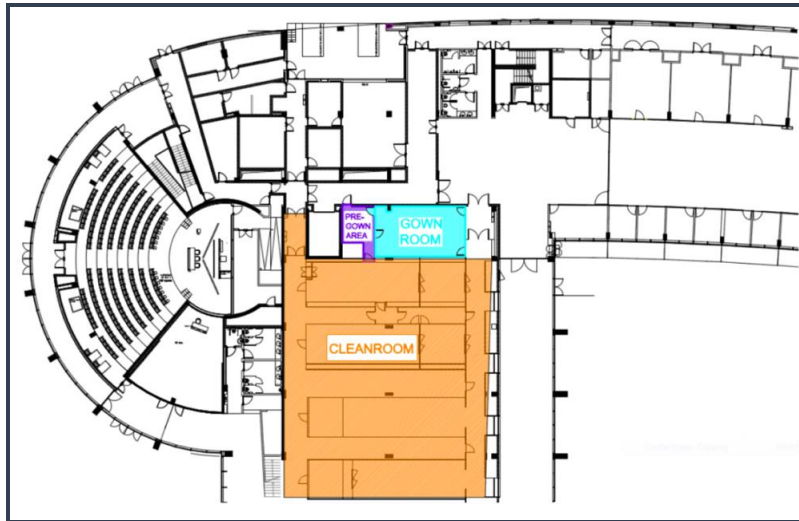


Figura 7 – Zona de entrada da *cleanroom*

A entrada na *cleanroom* implica vestir fato e colocar outras proteções que evitem a contaminação do ar. Após a entrada na *pre-gown area*, os investigadores, ou visitantes, passam para a *gowning* – sala visível na Figura 8 – onde vestem os fatos e calçam o calçado mais apropriado. Na figura pode ver-se também uma porta que dá acesso à área de investigação da *cleanroom*, e onde as pessoas passam por um “chuveiro” que retira possíveis contaminações que ainda existam.



Figura 8 - *Gowning* - sala de acesso à *cleanroom*

Todas as especificações que até agora foram referidas, bem como a garantia de que todas as condições necessárias ao correto funcionamento da *cleanroom* e dos equipamentos que a constituem são conseguidas, implicam custos.

Torna-se claro que o grande desafio deste trabalho será a compreensão dos processos que servem a *cleanroom* e a determinação da forma de repartição dos custos indiretos associados.

4 Apresentação do Modelo de Custeio da *Cleanroom*

A *cleanroom* existente no INL conta com 1170m² que estão divididos em 7 baías:

- *Bio Bay*;
- *Metrology/ Graphene*;
- *Etching/ PVDI*;
- *Etching/ PVDII*;
- *Wet Bay*;
- *Photolithography*;
- *Nanolithography*.

Em cada uma das baías estão localizados diversos equipamentos, listados no Anexo C. A baía *Gowning*, já detalhada no capítulo 3, não é considerada uma baía de investigação por não conter equipamentos.

Sendo uma *cleanroom*, a sala precisa de garantir o tratamento do ar (insuflação e exaustão) e também o uso de botas, fatos e outros equipamentos de proteção (incluídos na rubrica consumíveis).

Tal como o restante edifício, são imputados custos com a limpeza, a segurança, a manutenção e a amortização, nestes dois últimos casos, quer do edifício quer dos equipamentos.

A eletricidade, água, gás e lavandaria são também custos a ter em consideração.

Cada equipamento pode, ou não, incorrer noutros custos, seja de água ultrapura, *cooling water*, azoto, ar comprimido, vácuo e exaustão. Os equipamentos utilizam ainda, durante a sua atividade, diversos gases e químicos.

Neste capítulo serão detalhados os custos associados ao correto funcionamento da *cleanroom*, e dos equipamentos. Simultaneamente, apresentar-se-á o funcionamento do sistema de custeio criado com auxílio da ferramenta *Microsoft Excel*. Neste sistema é possível visualizar a alocação dos custos a cada equipamento – numa base anual – de uma forma detalhada e pormenorizada.

4.1 O Modelo de Custeio

Dada a natureza tecnológica implícita ao desenvolvimento de nanotecnologia, é mais frequente encontrar equipamentos robustos, sofisticados e com tecnologia de vanguarda, do que propriamente uma elevada quantidade de mão-de-obra. Os equipamentos podem ser programados para funcionar durante longos períodos de tempo sem que necessitem de um acompanhamento continuado por parte de algum técnico.

Como o objetivo do INL era criar um sistema de custeio que permitisse repartir os custos pelos equipamentos da *cleanroom*, foi decidido que o melhor método a implementar seria o dos centros de custos, correspondendo um centro de custo diferenciado a cada equipamento.

O modelo de custeio desenvolvido, com vista a explicitar todos os custos em que a *cleanroom* incorre, bem como reparti-los pelos diferentes equipamentos que nela se localizam, tem por base uma página inicial onde, de forma esquemática se apresentam os custos, com ligação direta para a página de apuramento de cada um deles. A página inicial, Figura 9, e as restantes páginas do modelo, estão apresentadas no Anexo G.

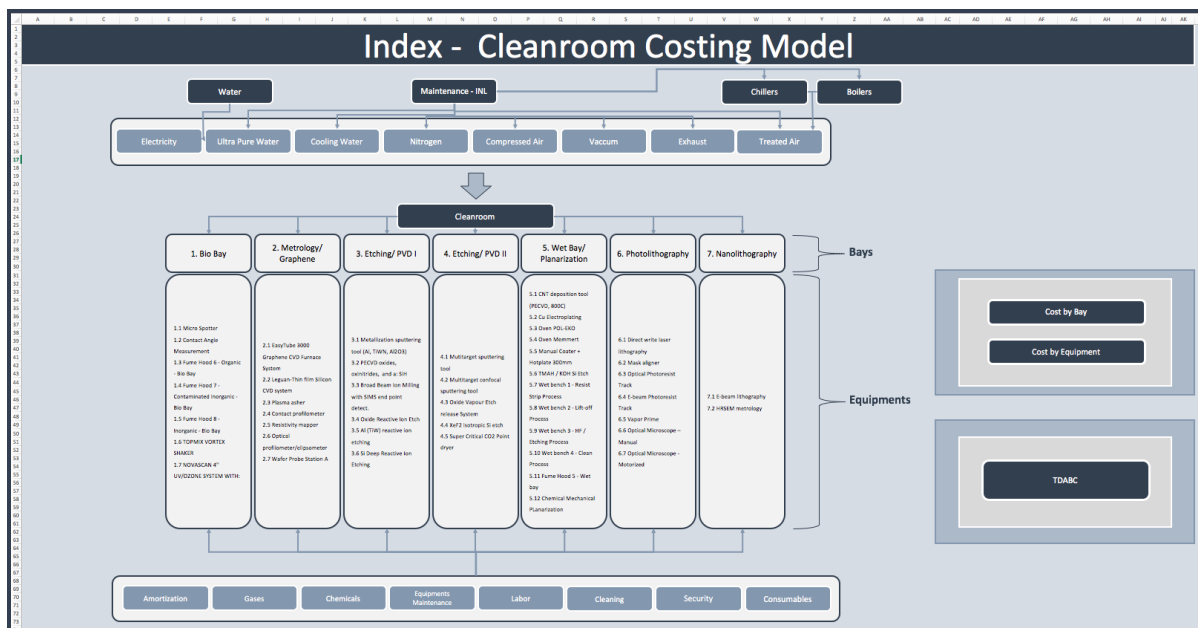


Figura 9 - Página Inicial

A página inicial pretende esquematizar o funcionamento do modelo. É apresentado um esquema com as sete baías, bem como uma listagem dos equipamentos que nelas se encontram.

Na parte superior podem encontrar-se ligações diretas para as páginas correspondentes aos processos e serviços que não são exclusivos da *cleanroom*, e que, na sua maioria, dizem respeito ao centro de custos da manutenção. Num nível mais acima, aparecem ligações a páginas que servem de apoio aos processos e serviços.

Os processos de apoio ao funcionamento da *cleanroom* (bem como de outros laboratórios) devem ser detalhados dentro do centro de custo da manutenção. São, portanto, custos afetos a um centro de custo auxiliar (neste caso, a manutenção) que terão que ser repartidos para o centro principal, a *cleanroom*.

Abaixo da descrição dos equipamentos, aparecem os custos que podem ser imputados diretamente aos equipamentos e que já fazem parte do centro de custo *cleanroom*. Ainda assim, alguns destes custos terão que ser alvo de repartições, uma vez que podem ser utilizados por vários equipamentos.

Do lado direito da página inicial pode-se aceder às páginas que permitem obter informação sobre o custo anual de cada baía e de cada equipamento – “Cost by Bay” e “Cost by Equipment”, e aceder ao modelo TDABC criado para os departamentos auxiliares.

Nas restantes páginas do modelo existe um índice lateral que incorpora ligações diretas para as páginas principais e que pretende facilitar a utilização do modelo criado.

4.2 Critérios gerais de repartição

São vários os critérios que podem ser utilizados para repartir os custos. No caso de processos de fornecimento de algo, como sendo azoto, é possível colocar caudalímetros ou outros instrumentos de medição. No entanto, há consumíveis de difícil repartição, cujo consumo

implica uma medição difícil de obter, ou um grande investimento para o conseguir. Isto leva a que, no caso dos custos da *cleanroom*, alguns custos sejam repartidos com chaves de repartição tendo por base as áreas das baías ou o número de horas de utilização dos equipamentos.

O objetivo deste subcapítulo é elencar os critérios que foram considerados nas páginas “*Distribution Tables*” e “*Distribution Tables by Equip.*” do modelo.

4.2.1 Áreas

O INL está dividido em 6 principais zonas: A, B, C, D, E e F. Cada uma compreende os pisos 0 e 1 e, nos casos em que se aplica, o piso -2. As áreas de cada uma destas zonas são apresentadas na Tabela 4, e englobam todos os pisos correspondentes. Os valores foram obtidos na página “*Distribution Tables*”.

As áreas foram obtidas, quer através do *software AutoCad*, já que as plantas de todo o edifício estavam nesse *software* esquematizadas, quer junto dos colaboradores responsáveis pelo edifício.

Tabela 4 – Descrição e áreas de cada zona

Zona	Estrutura	Área (m ²)	Distribuição (%)
A	PI Laboratories & Offices	4120	18%
B	PI Laboratories & Offices	4120	18%
C	Site Manager e Biology Laboratories	4600	20%
D	Direction Administrative/ Direction General/ Business & Strategic Relations	3895	17%
E	Social Building	2820	12%
F	Cleanroom e High Accuracy Laboratories	3250	14%
	TOTAL	22805	100%

Os departamentos, apresentados na Tabela 4, não ocupam a totalidade da área correspondente à zona onde se localizam, porque existem zonas comuns, como, por exemplo, corredores, *halls*, casas de banho, biblioteca e salas de reuniões. Além do mais, foi estimado que cerca de 20% da área medida corresponde a paredes, portas e restantes infraestruturas.

Dos 1170m² correspondentes à área total da *cleanroom*, existem algumas “zonas cinzentas” que não pertencem a nenhuma baía, pelo que não podem ser consideradas como área de investigação.

Na Tabela 5 apresentam-se as áreas de cada baía da *cleanroom*, e considera-se qual a percentagem ocupada por cada uma. Este cálculo é fundamental para repartir a restante área da *cleanroom* (que corresponde às zonas cinzentas). A área da zona cinzenta corresponde a $1170 - 503,69 = 666,31\text{m}^2$ que são repartidos, em função da percentagem obtida, por todas as baías.

Tabela 5 - Áreas das baías da *cleanroom*

Baía	Área das Baías (m ²)	%	Área Total* (m ²)
Bio Bay	80,52	16%	187,04
Metrology/Graphene	73,81	15%	171,45
Etching/ PVD I	63,42	13%	147,32
Etching/PVD II	65,4	13%	151,91
Wet Bay/ Planarization	68,53	14%	159,19
Photolithography	67,18	13%	156,05
Nanolithography	84,83	17%	197,05
TOTAL	503,69	100%	1170

*Inclui áreas cinzentas

4.2.2 Tempo de Trabalho de cada Colaborador

O tempo disponibilizado por cada colaborador foi estimado como sendo 1760 horas por ano.

Este valor foi obtido a partir do ano 2017, em que aos 365 dias do ano são subtraídos 105 dias de fim-de-semana, 10 dias feriados e 30 dias de férias disponibilizados pelo INL, resultando em 220 dias de trabalho efetivo que, multiplicados por 8 horas de trabalho, perfazem as 1760 horas anuais.

4.2.3 Utilização dos Processos

Equipamentos como os que se encontram na *cleanroom*, não consomem apenas eletricidade, necessitando de ser abastecidos com água ultrapura e de ser arrefecidos com *cooling water*, e que consomem, no decorrer do seu funcionamento, azoto, ar comprimido e vácuo. Estes consumíveis não são utilizados por todos os equipamentos e, por isso, a alocação destes custos tem de ser detalhada. A maior parte destes gastos podem ser considerados gastos gerais de fabrico já que, para além do fornecimento à *cleanroom*, também fornecem outros laboratórios e equipamentos.

A correspondência entre processos e a sua utilização por parte dos equipamentos pode ser consultada no Anexo D.

4.3 Custo por Equipamento

Após estarem criadas diversas tabelas de repartição, é necessário apurar os custos para que posteriormente possam ser repartidos. Esses custos estão agrupados neste capítulo da seguinte forma:

- **Gastos gerais:** diversidade de custos, não só inerentes à *cleanroom*, mas também aos restantes laboratórios e centros de custos (principais e auxiliares);
- **Gastos da *cleanroom*:** gastos cujo consumo se encontra dissociado dos restantes laboratórios;
- **Processos:** por serem tão específicos, foram colocados num tópico à parte, com uma breve descrição de cada um deles.

4.3.1 Gastos Gerais

Como gastos gerais, destacam-se os que estão inerentes não só a *cleanroom*, mas também a outros laboratórios e/ou zonas do edifício. Estes gastos são: eletricidade, água, gás, amortização do edifício, manutenção realizada pelo INL, segurança, limpeza e seguros.

Eletricidade

Dentro das infraestruturas do INL, a eletricidade é repartida por Postos de Transformação (PT), existindo cinco PT, cada um deles correspondente a uma zona: PT1 – zona F; PT2 – zona B; PT3 – zona A; PT4 – zona D e E; PT5 – zona C. Em cada PT já foram instalados contadores de energia elétrica.

Partindo de um hipotético custo anual de energia elétrica de 1.000.000,00€, este valor vai ser repartido pelos vários PT em função da leitura dos kWh consumidos por cada um, durante um determinado período de tempo, neste caso um ano. O mesmo raciocínio poderia ser aplicado numa base mensal.

No Anexo E encontra-se uma descrição de quais os processos e espaços alimentados por cada PT, bem como os kWh consumidos por cada um durante um ano.

Para fazer a distribuição do valor de cada PT, pelos equipamentos e espaços que alimenta, serão elaboradas medições através da instalação de sensores de corrente em pontos estratégicos. Esses sensores serão produzidos internamente no INL.

Dado que o fornecedor de energia elétrica do INL aplica diferentes tarifas por kWh, em função da hora do dia (horas de ponta, horas de cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio), a recolha de dados deve detalhar informações acerca do consumo em cada um destes períodos. Tal situação não está, porém, refletida no modelo, tendo sido utilizado um valor médio para o custo do kWh.

Embora o modelo elaborado não tenha chegado a este nível de detalhe, teve-se em consideração, no PT5, que os *chillers* são os elementos que representam um maior consumo energético, pelo que o seu valor é o maior.

No caso de uma falha elétrica, existe um gerador, que garante a energia elétrica no edifício permitindo que nenhum dos equipamentos da *cleanroom* deixe de funcionar.

A distribuição do consumo elétrico dentro da *cleanroom*, poderia ser obtida com exatidão, caso se recorresse a um analisador portátil, que individualmente poderia medir o consumo de cada equipamento. Esta alternativa seria viável caso os equipamentos funcionassem sempre aproximadamente o mesmo número de horas. Assim bastava medir, durante um período de tempo, e depois considerar sempre o mesmo valor. Como tal não se verifica, seria necessário instalar contadores de energia individuais, o que representaria um investimento que não se justifica. Por esta razão procedeu-se à alocação do custo de uma forma mais empírica.

Através da potência e do tempo de funcionamento de cada equipamento, estimou-se a distribuição do custo. De facto, o recurso a um analisador de energia embora não seja posto totalmente de parte, é uma alternativa pouco válida no tempo, já que semana após semana, ou mês após mês, o número de horas de funcionamento de cada equipamento é variável, pelo que o gasto elétrico também será. A nova solução apresentada também não é 100% fiável já que os equipamentos, à partida, não funcionam sempre no máximo da sua potência. Ainda assim, é uma forma de encontrar uma chave de repartição para o custo correspondente à energia elétrica da *cleanroom*. A página corresponde à eletricidade é apresentada no Anexo G.

Água

A água, proveniente da rede, é quantificada aquando a sua chegada. Já há equipamento – embora ainda não instalado – para quantificar a que é direcionada para a central de água ultrapura.

A água é repartida entre água ultrapura, *guest house*, cafetaria e casas de banho. O custo é identificável nas faturas e, posteriormente, será repartido em função dos valores verificados nos caudalímetros, quando estes forem implementados. Se apenas for colocado caudalímetro à entrada da central de água ultrapura, o consumo dos restantes pode ser obtido pelo cálculo da diferença.

Gás

O gás, proveniente da rede, é utilizado no INL apenas nas caldeiras, pelo que o seu custo é-lhes diretamente imputado.

Para fazer o controlo do consumo de gás, bem como determinar outros indicadores, tal como qual a caldeira com um maior consumo, foi apurado, junto da equipa de manutenção, que se pretende instalar uma solução que meça o consumo de 15 em 15 minutos. Isto possibilitará saber, entre outras variáveis, qual a caldeira que está a consumir mais.

Amortização do Edifício

Este tópico diz respeito às amortizações do valor da construção do edifício bem como dos equipamentos que fizeram parte dessa mesma construção (pertencentes aos diversos sistemas).

Os valores apresentados na Tabela 6, compreendem o preço de aquisição ou de construção, e o custo de amortização do edifício.

Tabela 6 – Amortização da construção e da de equipamentos

	Anos de Amortização	Custo anual de amortização (€)
Água Ultrapura	50	26.539
Cooling Water	50	11.584
Azoto	50	2.640
Ar Comprimido	50	5.740
Vácuo	50	7.346
Exaustão	50	590
Chillers	50	46.938
Caldeiras	50	28.969
Ar Tratado – apenas Cleanroom	50	17.140
Bunker de gases	50	32.026

Os 50 anos considerados para a amortização foram baseados no período de amortização contabilístico praticado no laboratório. Embora seja recomendável, os equipamentos destes processos em específico não se encontram separados contabilisticamente da construção. Não foi utilizada a vida útil real porque isso implicaria a obtenção dessa informação por parte de pessoas especializadas neste tipo de equipamentos e infraestruturas. Ao considerar a vida útil contabilística, o que se definiu foi que o valor da amortização não será considerado apenas durante os anos de amortização contabilisticamente definidos, mas também daí em diante,

para compensar o custo do crescente número de manutenções e/ou reparações das quais os equipamentos serão alvo, provavelmente em maior número, após o término da vida contabilística.

Manutenção – INL

A unidade de manutenção do INL opera nas diferentes áreas do edifício, bem como nos equipamentos que o constituem. Existe um *software* interno no qual são registadas ordens de trabalho (OT). Após a realização dessas ordens, os colaboradores, pertencentes ao departamento de manutenção, registam o número de horas dedicadas seja à manutenção seja à reparação de determinado equipamento, bem como quais os componentes substituídos, caso haja algum. Assim é possível saber quantas horas são dedicadas a cada processo e proceder a uma alocação correta dos custos.

Para este sistema de custeio, torna-se fundamental fazer uma primeira repartição dos custos de manutenção pelas suas principais atividades/ processos para subunidades de forma a ser possível calcular os custos de cada um e, numa segunda fase, reparti-los para os centros principais, entre eles a *cleanroom*. Assim, sugere-se a subdivisão do centro de custo da manutenção por: (i) *Ultra Pure Water*, (ii) *Cooling Water*, (iii) *Nitrogen*, (iv) *Compressed Air*, (v) *Vacuum*, (vi) *Treated air*, (vii) *Exhaust* e (viii) *General Maintenance*.

Desta forma, pode analisar-se os diversos tipos de gastos que recaem sobre o centro de custo “manutenção”, e que devem posteriormente ser repartidos pelos oito subcentros sugeridos:

- Gastos com pessoal: este gasto já está atualmente alocado ao centro da manutenção. Todavia, será necessária a sua distribuição tendo por base a informação que o *software* da manutenção tem disponível sobre as horas que cada funcionário afetou a cada processo durante um determinado período de tempo. A repartição será feita dentro do próprio centro de custo, para cada um dos processos, de modo a permitir uma posterior repartição para os centros principais.

- Amortizações: podem identificar-se 2 tipos de amortizações a serem consideradas relativamente ao centro de custo da manutenção: (i) construção do edifício e (ii) equipamentos. No caso específico do INL, o valor de aquisição dos equipamentos e montagem de cada processo está incluído no contrato de construção do edifício. Deste modo, detalhou-se o valor atribuído à construção e compra dos equipamentos de cada processo. Contabilisticamente, considerou-se a mesma vida útil quer para estes ativos quer para o próprio edifício, 50 anos. Subtraindo, ao valor total da construção do edifício, os valores correspondentes à construção de cada processo, obtém-se o custo de construção que deve ser amortizado por todo o edifício.

- Fornecimentos e serviços externos: nesta rubrica é de destacar os gastos com serviços externos de manutenção (que deverão passar a ser alocados ao respetivo processo a que dizem respeito) e os gastos com materiais de substituição ou reparação. Neste caso particular, é recomendável a criação de um armazém, com registo de entradas e saídas de materiais, e respetiva alocação aos respetivos processos.

Os custos associados aos processos serão mais detalhadamente expostos no capítulo 4.3.3. Conforme já mencionado, a sugestão deste modelo é tornar cada um dos processos num subcentro de custo, que englobe todos os custos em que o processo incorre para manter o correto funcionamento.

Limpeza

A limpeza é realizada, em todo o INL, por uma empresa externa. Por semana, são dedicadas à limpeza da *cleanroom* 48 horas. Sendo que a empresa disponibiliza 4 pessoas, durante 8 horas, 5 dias por semana, pode-se concluir que cerca de 30% do custo de limpeza é imputado

à *cleanroom*. O remanescente deverá ser imputado a cada centro de custo em função das áreas de ocupação correspondentes, incluindo os espaços comuns.

Os produtos de limpeza utilizados na *cleanroom* são comprados pelo próprio INL ao contrário do que acontece com os produtos utilizados nas restantes zonas do edifício.

O custo total da limpeza da *cleanroom*, apresentado na página “*Cleaning*” do modelo, é repartido pelas baías em função da sua área total (incluindo as áreas cinzentas). Dentro das baías, o custo divide-se pelos equipamentos de forma equitativa.

Segurança e Seguros

A empresa de segurança responsável pelo INL presta serviço às instalações como um todo.

Decidiu-se que os custos com segurança seriam divididos com base nas áreas, mas como os *Dry* e os *Wet Laboratories* ainda não se encontram ocupados na sua totalidade, optou-se por distribuir o custo das áreas desocupadas bem como das zonas comuns, pelas áreas ocupadas. Assim, dividiu-se o custo com a segurança pelas zonas A, B, C, D, E e F, em função das suas áreas. Na zona F, destacou-se a *cleanroom*, utilizando a sua área de 1170m² para obter um custo associado a esta sala. Esta divisão é ilustrada na Tabela 7.

Tabela 7 - Repartição custo de segurança

Zona	Área (m ²)	Custo (€)
A	4120	4.697,22
B	4120	4.697,22
C	4600	5.244,46
D	3895	4.440,69
E	2820	3.215,08
F (sem <i>cleanroom</i>)	2080	2.371,41
<i>Cleanroom</i>	1170	1.333,92
TOTAL	22805	26.000

Relativamente aos seguros, o INL tem contratados, essencialmente, 3 grandes tipos de seguros: seguro de acidentes de trabalho, seguro de saúde (ambos diretamente alocados a cada centro de custo com base no funcionário) e seguro multirriscos, relativo aos equipamentos e edifício. Neste último, a repartição será efetuada com base na alocação de cada equipamento a cada centro de custo e, no valor respeitante ao edifício, será repartido com base nas áreas equivalentes a ocupadas (área efetivamente ocupada mais parte das áreas comuns e desocupadas imputadas) identificadas para cada departamento.

4.3.2 Gastos da *Cleanroom*

Alguns gastos podem ser imputados diretamente à *cleanroom*, já que o seu consumo é exclusivo das atividades que aí se realizam. Inserem-se nesta categoria os seguintes gastos: amortização dos equipamentos, serviços de manutenção externa dos equipamentos, consumíveis, gases, químicos, serviços de lavandaria e mão-de-obra.

Amortização dos Equipamentos

Como se trata de uma área de inovação e investigação, os equipamentos devem refletir o estado da arte em termos de nanotecnologia para que se possa executar investigação a um nível de excelência.

Aquando da compra de um equipamento, é estabelecida uma vida útil contabilística. Talvez o mais correto fosse considerar, para este modelo, a vida útil real. Todavia, tal não foi possível obter, utilizando-se a via contabilística. Assim, e como muito provavelmente os equipamentos continuarão a funcionar para além desse período de tempo, o que se estabelece é que após esse período se continue a considerar o custo da amortização para que desta forma se possa compensar as manutenções mais frequentes que provavelmente ocorrerão após a vida contabilística. O período de vida contabilístico, para todos os equipamentos, é de 10 anos.

A compra dos equipamentos foi, na sua maioria, financiada por projetos europeus, em cerca de 80%. No entanto, com o intuito de manter os laboratórios permanentemente dotados com tecnologia atual, optou-se por amortizar o valor total da compra, de forma a permitir que, quando terminar a vida útil de cada equipamento, se consiga fazer a respetiva reposição sem o auxílio de subsídios. Isto porque, caso apenas se considerasse a amortização relativa aos 20% financiados pelo INL, no final da vida útil não se teria reunido o financiamento suficiente para a restituição do equipamento.

Serviços de Manutenção Externa dos Equipamentos

Quando algum dos equipamentos da *cleanroom* necessita de manutenção é a própria marca/fornecedor que a faz. Esta é uma manutenção totalmente dissociada da manutenção interna realizada pelo INL, e, por isso, representa um custo diretamente imputável a cada equipamento.

Consumíveis

Os consumíveis necessários na *cleanroom* correspondem aos elementos imprescindíveis à entrada de pessoas na sala: fatos, botas, luvas, máscaras entre outros.

Os valores, quando obtidos, preencherão a página “*Consumables*”. A repartição do custo adotada, baseia-se no número de horas de funcionamento de cada equipamento.

De salientar ainda que, todos os consumíveis que forem diretamente relacionados com algum equipamento, devem-lhe ser alocados. Também sobre estes itens será recomendável a sua inclusão num sistema de armazém com registo de entradas e saídas e respetivas alocações.

Gases

Os gases podem estar situados no *bunker* de gases de onde são depois distribuídos, ou em garrafas localizadas, por exemplo, na *cleanroom*. Para que possam estar na *cleanroom*, os gases têm de ser inertes – incapazes de reagir quimicamente com outras substâncias em condições normais de temperatura e pressão. Existe uma rede de distribuição dentro da *cleanroom* que se encarrega de distribuir os gases provenientes das garrafas. Do *bunker* vêm os restantes, dez gases no total.

Para calcular o custo total de alguns gases será então necessário somar, ao custo do gás em si, o eventual aluguer da garrafa, e a amortização do *bunker*, no caso de o gás estar aí armazenado.

Antes de repartir o custo dos gases pelos equipamentos, é necessário saber que gases consome cada um deles. Assim, na página “*Distribution Tables by Equip.*” apresenta-se uma tabela que assinala essa relação entre gases e equipamentos. Posteriormente, na página “*Gases*”, é efetuada a repartição do custo em função da tabela de repartição.

A distribuição foi feita tendo por base o peso da utilização de cada equipamento sobre a utilização total dos equipamentos que consomem o respetivo gás. Parte-se do pressuposto que, sempre que um equipamento é utilizado, está a consumir os gases identificados, e que cada equipamento consome a mesma quantidade de gás. Deste modo, um equipamento que opera durante mais tempo, consome mais de determinados gases. Sabe-se que na prática isto pode

não acontecer, mas, na falta de medições reais acerca do consumo de cada gás por cada equipamento, foi a alternativa que se entendeu como sendo mais viável.

Químicos

O modelo está formatado para tratar os custos dos químicos de forma igual aos gases. O custo dos químicos pode ser diretamente imputado a um equipamento, caso este seja o único utilizador, ou pode ser repartido em função do número de horas de funcionamento, caso haja mais do que um utilizador desse mesmo químico.

Os resíduos químicos resultantes da atividade laboratorial têm de ser armazenados em depósitos que são posteriormente recolhidos por uma empresa especializada no seu tratamento. Este custo deverá ser repercutido no custo de cada químico.

Lavandaria

A utilização de fatos próprios na *cleanroom* implica a sua lavagem já que estes não são descartáveis. Para tal recorre-se a serviços externos e o seu custo será repartido pelo peso da utilização de cada equipamento sobre a utilização total dos equipamentos.

Mão-de-Obra

Existe um conjunto de técnicos, altamente especializados, alocados à *cleanroom*. Para além de operarem os equipamentos do laboratório, estes técnicos têm como função fazer toda a gestão operacional da *cleanroom*. Essa gestão abrange: ministrar formação a investigadores internos, e externos, para operarem equipamentos, gerir toda a manutenção dos equipamentos – quer recorrendo a serviços externos quer realizando eles próprios pequenos serviços de manutenção –, gerir as compras de todos os consumíveis necessários (incluindo a gestão de stocks), bem como outros serviços subjacentes (por exemplo, gestão dos serviços de lavagem de equipamentos).

Assim, para repartir o custo de mão-de-obra foram propostos dois tipos de alocação de horas: (i) alocação direta do tempo utilizado para operar cada equipamento, e (ii) uma alocação indireta das restantes horas disponíveis com base no peso relativo da utilização de cada equipamento da *cleanroom*. Nesse sentido, seria importante integrar dados provenientes do *software Laboratory Information Management System (LIMS)*. Caso contrário, a inserção de dados acerca do número de horas disponibilizadas por cada investigador, em cada equipamento, teria de ser feita manualmente.

Importa ainda referir que, o funcionamento dos equipamentos não implica uma mão-de-obra constante. Pode ser necessário intervir apenas no início e no fim do seu funcionamento, sendo que pode ficar a funcionar por longos períodos de tempo sem que seja necessário um acompanhamento direto.

A página representada parcialmente no Anexo G (11) Mão-de-Obra, está desenvolvida de forma a receber todos os dados necessários ao custo de mão-de-obra. O tempo dedicado pelos técnicos a operar os equipamentos, foi considerado como sendo 20% do tempo de operação de cada um deles. No final da página “*Labor Cleanroom*” é possível obter informação acerca do número total de horas disponibilizadas pelos técnicos da *cleanroom*, calculando-se um custo por hora em função do custo total do pessoal alocado à *cleanroom*.

4.3.3 Processos

Os processos implícitos ao correto funcionamento dos equipamentos da *cleanroom* são os seguintes: água ultrapura, *cooling water*, azoto, ar comprimido, vácuo, exaustão e ar tratado, sendo que, para o funcionamento deste último sistema, é destacada a operacionalidade dos *chillers* e das caldeiras. Neste subcapítulo são explicitados cada um destes processos tendo em consideração todos os custos que a eles estão associados.

Convém destacar que, nem todos os equipamentos são utilizadores de todos os processos em questão. Como tal, existe uma tabela, na página “*Distribution Tables by Equip.*”, que serve de base à repartição dos custos dos processos pelos equipamentos, e está exposta no Anexo D. Nessa página, para além do registo dos equipamentos utilizadores de cada processo, deve ser preenchido qual o tempo de operação de cada um deles.

Água Ultrapura

A água ultrapura é um dos produtos resultantes de uma central que para além da sua produção, produz ainda água desionizada. A água é tratada até atingir um elevado nível de pureza, de forma a obter apenas H₂O, sem qualquer contaminante. A central foi projetada para funcionar 24 horas por dia, 7 dias por semana. Como tal, independentemente de os equipamentos da *cleanroom* estarem em funcionamento ou não, o custo tem de ser imputado, dado que a água tem de estar sempre disponível para qualquer solicitação.

A água ultrapura abastece a *cleanroom* e os *WET Laboratories*. A água desionizada abastece os humidificadores³, tanto da *fandack*⁴ como da cobertura.

Ainda assim, para a produção, quer de uma, quer de outra, são necessários os mesmos custos na central, pelo que estes serão divididos por todos os laboratórios e equipamentos que as duas águas obtidas abastecem.

Vários são os custos associados à central de água ultrapura, e todos eles estão explícitos na página “*Ultra Pure Water*” do modelo, como se pode ver na Figura (12) do Anexo G.

A água que chega a esta central é proveniente da rede, o que por si só representa um custo que será alocado por medição através de caudalímetros. Passa por vários processos que consomem energia elétrica, envolvem manutenção (quer da equipa de manutenção do INL quer recorrendo a serviços externos) e implicam a substituição de filtros, entre outros componentes. A alocação destes gastos será direta para os serviços externos e materiais afetos a este processo, e por repartição no caso da manutenção interna.

A água, após ser tratada na central, sai para abastecer diversos laboratórios com uma água livre de impurezas, adequada para lavar *waffers* (placas que contêm os nanochips utilizados, por exemplo, nos telemóveis), entre outras funções.

A energia elétrica consumida na central será também alvo de medição através da instalação de sensores de corrente à entrada. É de salientar que, o custo de energia elétrica apresentado, deriva da distribuição do consumo de eletricidade por PT efetuada na página “*Distribution Tables*”.

A amortização da estrutura é outro dos custos que está presente em cada um dos processos. Conforme explicado no subcapítulo 4.3.1, o investimento efetuado na construção desta central foi repartido com base no critério de repartição do custo de construção pela área ocupada. E será amortizado durante 50 anos.

Para enumerar alguns dos custos associados à água ultrapura, foram verificados todos os *inputs* no esquema da central (esquema esse que não é exposto por questões de confidencialidade), como é o caso do ar comprimido, do vácuo e do azoto. O ar comprimido, usado no controlo de válvulas, foi considerado como sendo residual, pelo que se decidiu não alocar nenhum custo a este consumível. Para os restantes, foi alocado um valor proveniente da página desses mesmos processos.

³ Parte constituinte do sistema de tratamento de ar.

⁴ Sala onde se situam as UTA e UTAN que fornecerem ar tratado à *cleanroom*.

Após apurar todos os custos, é necessário reparti-los. No entanto, a água ultrapura é fornecida aos laboratórios em forma de anel no qual a água está constantemente em circulação, pelo que, a que não é consumida retorna novamente à central. Assim, o método utilizado para repartição deste custo foi elaborado com base na distribuição do caudal. Isto significa que, através da medição do caudal à saída da central, e à entrada de cada área que utiliza este processo, conseguimos obter o caudal disponibilizado a cada uma delas. Desta forma obtemos o peso relativo que se disponibiliza a cada área e aplica-se este peso ao custo total do processo. Para o presente trabalho, utilizou-se um caudal médio disponibilizado para a *cleanroom*, num determinado período de tempo, de 2,5 m³/hora.

Dentro da *cleanroom*, o custo apurado é repartido por todos os equipamentos que consomem água ultrapura de forma equitativa. Esta alocação justifica-se pelo facto de, caso um determinado equipamento não esteja a ser utilizado, continua a incorrer neste gasto por questões de disponibilidade do sistema. Ou seja, o sistema tem de permanecer disponível para garantir o fornecimento a qualquer momento.

Ainda na central de água ultrapura, os fluidos provenientes da *cleanroom*, que se podem apresentar como sendo básicos ou ácidos – conforme o seu pH – passam por um processo de 3 estágios em que o seu pH é balanceado de forma a rondar um valor próximo de 7. Só depois são encaminhados para a rede de esgotos. Este processo denomina-se: tratamento de ácidos.

Cooling Water

A *cooling water* é responsável por evitar o sobreaquecimento dos equipamentos, já que faz circular água fria de forma a diminuir a temperatura dos mesmos. As bombas associadas ao sistema de *cooling water* impõem a existência de um caudal variável e bombeiam a água para o circuito.

De forma a repartir o consumo de energia térmica dos *chillers*, já que estes alimentam, não só o sistema de *cooling water*, mas também o sistema de tratamento de ar, a sugestão seria implementar caudalímetros no circuito da *cooling water*. Na impossibilidade de realizar essa implementação, utilizaram-se os caudais de projeto que permitem saber qual o caudal disponibilizado pelo sistema de *cooling water*. Daí calculou-se uma percentagem correspondente que serviu como chave de repartição para os custos deste sistema.

Na Figura 10 estão esquematizadas as trocas de calor existentes no sistema de *cooling water*. Os equipamentos transferem calor para a *cooling water*. Esta é arrefecida novamente através de um permutador. No permutador dá-se a transferência de calor da *cooling water* para a água proveniente dos *chillers*.

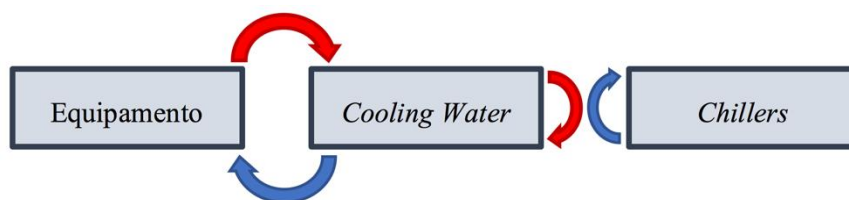


Figura 10 - *Cooling water*

A água fria, proveniente dos *chillers*, não é a que constitui a *cooling water*. Existe um permutador de placas dentro do qual ocorrem trocas de calor entre a *cooling water* e a água fria proveniente dos *chillers*. No permutador, do lado dos *chillers* circula água a 7°C, e do lado da *cooling water*, circula água a 19°C.

Para além da *cleanroom*, a *cooling water* passa também nos laboratórios *High Accuracy*, nos *Dry* e nos *Wet Laboratories*. Nos primeiros, não é muito o ganho de calor, já que estes laboratórios são detentores de *chillers* próprios.

Para a correta distribuição dos custos de *cooling water* pelos laboratórios mencionados, deveriam ser instalados caudalímetros. Na ausência desses equipamentos de medição, o que se optou por fazer no modelo foi: utilizar os caudais de projeto e com esses valores criar uma chave de repartição com base em percentagens segundo as quais se repartem todos os custos.

O valor obtido para a *cleanroom* é imputado aos equipamentos utilizadores de *cooling water* de forma equitativa. Pressupõe-se aqui que, mesmo que os equipamentos não estejam em utilização, o gasto neste processo permanece o mesmo. A realidade poderá ser ligeiramente diferente, mas entendeu-se que não compensaria dispendir recursos noutro tipo de repartição, uma vez que a diferença obtida seria negligenciável.

Azoto

O depósito de azoto é abastecido quando atinge um limite mínimo, o que permite imputar diretamente este custo aquando da receção das faturas da empresa fornecedora. O reservatório de azoto líquido está situado no exterior do edifício. É possível ver, ao lado do reservatório, uma serpentina responsável pela passagem do azoto líquido a gasoso. Como é requerido algum azoto em estado líquido, há uma tubagem específica à parte da serpentina.

O custo envolvido no processo de fornecimento de azoto não implica apenas o consumo de azoto num determinado período, medido através do stock inicial mais as compras do período, menos o stock no final do período. Implica também a amortização do reservatório e a respetiva manutenção. A alocação destes gastos será: direta para as amortizações, os serviços externos e materiais afetos a este processo; e por repartição no caso da manutenção interna.

A repartição do custo pelas diferentes áreas que abastece implica a utilização de caudalímetros cuja implementação já decorria durante a realização deste projeto e permitirá monitorizar o consumo. O plano de instalação de caudalímetros contemplava os seguintes pontos: à saída do reservatório de azoto; no ponto que dá acesso aos laboratórios de *High Accuracy*, água ultrapura e *Sample Prep Lab*; e à entrada da *cleanroom*. Subtraindo ao valor medido à saída do reservatório, os valores obtidos nos outros pontos, obtém-se o consumo dos *PI Laboratories (Wet e Dry Laboratories)*. No modelo de custeio foram utilizados estes pontos para repartir o custo associado ao processo de azoto – essa repartição é feita com os valores obtidos nos caudalímetros.

O fornecimento de azoto ao longo do circuito pressupõe perdas. Se ocorrerem depois dos caudalímetros, essas perdas ficam associadas aos laboratórios correspondentes. Caso ocorra na restante tubagem, o custo é imputado aos *PI Laboratories*.

A obtenção do valor consumido pela *cleanroom* não detalha o consumo de cada equipamento e, por isso, a repartição é feita de forma equitativa entre eles, pois por uma questão de disponibilidade e conservação de equipamentos, as respetivas bombas de vácuo que utilizam azoto continuam em funcionamento mesmo não estando os equipamentos em utilização.

No reservatório já foi colocado um transdutor de pressão, responsável por medir a coluna de líquido dentro do reservatório, o que permite saber quando chega a altura de abastecer novamente o tanque.

Ar Comprimido

O ar comprimido não é mais que ar exterior/ atmosférico que foi comprimido por um compressor até atingir uma pressão superior à atmosférica.

No INL, os três compressores responsáveis pela produção de ar comprimido estão situados no edifício técnico exterior. Aquando da construção existia apenas um compressor que, por ser demasiado potente, representava um custo desnecessário. Foram posteriormente comprados dois compressores menos potentes. Atualmente, os três compressores funcionam em paralelo para garantir o fluxo requerido.

No local onde se encontra o compressor de maior potência, também se encontra o reservatório de ar comprimido e o secador. O secador serve os três compressores e representa um custo de energia elétrica elevado, segundo cálculos realizados pela equipa de manutenção, o que revela a necessidade de implementar contadores para medir o seu consumo de forma instantânea.

Inerente ao funcionamento dos compressores encontra-se um consumo elétrico – custo principal associado a este processo. Enumeram-se outros custos como a manutenção realizada, quer pelo INL, quer por empresas externas; componentes de manutenção; e amortização. Há ainda uma implementação de vácuo usado para a pilotagem de algumas válvulas, mas é considerada desprezável. Também aqui, a alocação destes gastos será direta para as amortizações, os serviços externos e materiais afetos a este processo; e por repartição no caso da manutenção interna.

A repartição do custo do sistema de ar comprimido implica a implementação de cinco caudalímetros: dois à saída dos compressores, um à entrada da *cleanroom*, um à entrada dos *Wet laboratories* e um à entrada dos *Dry laboratories*. Por diferença, calcula-se o restante ar comprimido que é direcionado para os humidificadores.

A utilização de dois caudalímetros à saída dos compressores justifica-se pela seguinte razão: o ar comprimido, quando sai do tanque, passa para o secador onde o ar é regenerado. Esta regeneração utiliza ar comprimido, pelo que, à saída do secador o caudal será inferior. Este consumo de ar comprimido por parte do secador representa um custo, que está a ser estudado pela equipa de manutenção do INL.

O caudal de ar comprimido que passa para a *cleanroom* é de $140 \frac{Nm^3}{h}$.

Na *cleanroom*, a repartição é feita, de forma equitativa, por todos os equipamentos que consomem ar comprimido, assumindo que, mesmo não estando em funcionamento, existe um consumo equiparável em todos os equipamentos identificados como sendo utilizadores deste processo.

Vácuo

O vácuo é obtido a partir de duas bombas de vácuo, sendo que uma delas foi instalada aquando da construção do edifício e a outra bomba foi instalada posteriormente. A compra da segunda bomba é justificada pela paragem anual que ocorre no INL e que pressupõe um plano de contingência, bem como pela necessidade de redundância de todos os equipamentos de forma a garantir que, se existir alguma falha, o fornecimento do *output* dos processos não seja posto em causa.

Em termos de custos, a produção de vácuo pressupõe: energia elétrica, necessária ao funcionamento das bombas; amortização das bombas; e manutenção realizada pelo INL. Ainda assim, e comparativamente com os demais processos, este processo representa um custo reduzido, sendo a implementação de equipamentos que monitorizem o consumo de importância relativa.

O vácuo é consumido em todos os laboratórios existentes no INL (*Cleanroom*, *High Accuracy*, *Dry Labs* e *Wet Labs*) bem como, numa quantidade mais reduzida – considerada residual – na central de água purificada, no *Packaging Lab* e nos *Biology Labs*.

A energia elétrica consumida pelas bombas será quantificada por sensores desenvolvidos no próprio INL. Cada bomba requererá 3 sensores ligados a um conversor.

A alocação dos restantes gastos será direta para as amortizações, para os serviços externos e para os materiais afetos a este processo e por repartição no caso da manutenção interna.

Para o preenchimento do modelo, utilizou-se o seguinte método: sabendo que o consumo das bombas de vácuo é de 16A, calculou-se a potência da bomba, em Watts, utilizando a equação (4.1)

$$P = U * I * \sqrt{3} * \cos(\varphi) \quad (4.1)$$

Onde:

P – Potência

U – Tensão

I – Corrente

Cos (φ) – Fator de potência

$$P = 380 * 16 * \sqrt{3} * 1 = 10530,87 \text{ W}$$

Foi apurado que funciona durante 1,88 horas por dia, assim, por ano, funciona: $1,88 * 365 = 686,2$ horas. Multiplicando o número de horas por ano pela potência, em kW, obtém-se: $686,2 * 10,5 = 7205,1$ kWano. É este o valor que é repartido pelos diferentes sistemas que o sistema de vácuo abastece, usando uma repartição empírica com base no projeto de implementação do sistema.

Depois de obtido o consumo da *cleanroom*, este pode ser repartido pelos equipamentos utilizadores deste consumível de forma equitativa, isto é, pressupõe-se que, mesmo não estando em funcionamento, o gasto existe de forma equiparável.

Exaustão

Antes de ser impulsionado para o meio ambiente, o ar extraído da *cleanroom* é filtrado.

O sistema de exaustão, embora esteja presente noutras atividades do INL, possibilita a distinção dos custos associados à *cleanroom*, já que existem dois motores que funcionam em exclusivo para a exaustão desta sala. Estes motores não funcionam em simultâneo, apenas um de cada vez. Isto, para garantir que o funcionamento da exaustão nunca fica comprometido.

Neste sentido, o custo com o processo de exaustão deverá ser dividido pelos vários setores que o utilizam embora, no âmbito deste trabalho, apenas se tenha dado ênfase à utilização por parte da *cleanroom*.

Assim, os custos associados à exaustão são: energia elétrica, consumida pelos dois motores; componentes de manutenção, como filtros, sensores e atuadores; amortização dos próprios motores; e manutenção realizada pelo INL sobre este sistema. Também aqui a alocação destes gastos será direta para as amortizações, para os serviços externos e materiais afetos a este processo e por repartição no caso da energia elétrica (aplicando a distribuição feita por PT) e manutenção interna.

Na tabela dos processos presente na página “*Distribution Tables by Equip.*” verifica-se que apenas alguns equipamentos requerem exaustão. No entanto, importa salientar que a exaustão é necessária em toda a sala, e em todo o edifício. Assim, podemos distinguir: (i) exaustão associada aos equipamentos e (ii) exaustão da sala. Neste modelo o custo de ambos os tipos de exaustão foi repartido apenas pelos equipamentos que utilizam exaustão especificamente, pois considera-se este como sendo o custo mais relevante do processo. Esta repartição é feita de forma equitativa, pressupondo que cada equipamento que utiliza este processo consome sensivelmente o mesmo independentemente das horas de funcionamento.

Ar Tratado

O ambiente controlado de temperatura e humidade necessário na *cleanroom* é mantido por um sistema de climatização constituído por Unidades de Tratamento de Ar, UTA, e Unidades de

Tratamento de Ar Novo, UTAN. Estas unidades são responsáveis por remover os contaminantes do ar exterior, controlar a humidade e colocar o ar à temperatura adequada.

As unidades responsáveis pelo tratamento do ar das baías da *cleanroom* encontram-se na *fandack*. As UTA recebem ar das UTAN bem como da *cleanroom* (ar recirculado) e tratam-no para o voltarem a encaminhar para *cleanroom*, a uma temperatura de cerca de 19°C.

No Anexo H pode ver-se qual, ou quais, as UTA e UTAN responsáveis pela renovação do ar em cada uma das baías.

A UTA CR-RAH-P1-006, embora presente no projeto de construção, não se encontra em funcionamento e por isso não está associada a nenhuma baía.

Na baía *Gowning* não se encontra nenhum equipamento, pois este é o lugar onde os investigadores se preparam para entrar nas restantes baías. No entanto, por também requerer ar tratado, esta baía pressupõe um custo. O seu custo é repartido, de igual forma, por todas as outras baías.

Na Figura 11, pode ver-se o princípio de funcionamento destas unidades para a baía *Nanolithography*, seguindo todas as outras baías o mesmo princípio. Neste caso, as UTA que abastecem esta baía são a CR-RAH-P1-001 e a CR-RAH-P1-002. A UTAN é a HA-MUA-P1-001.

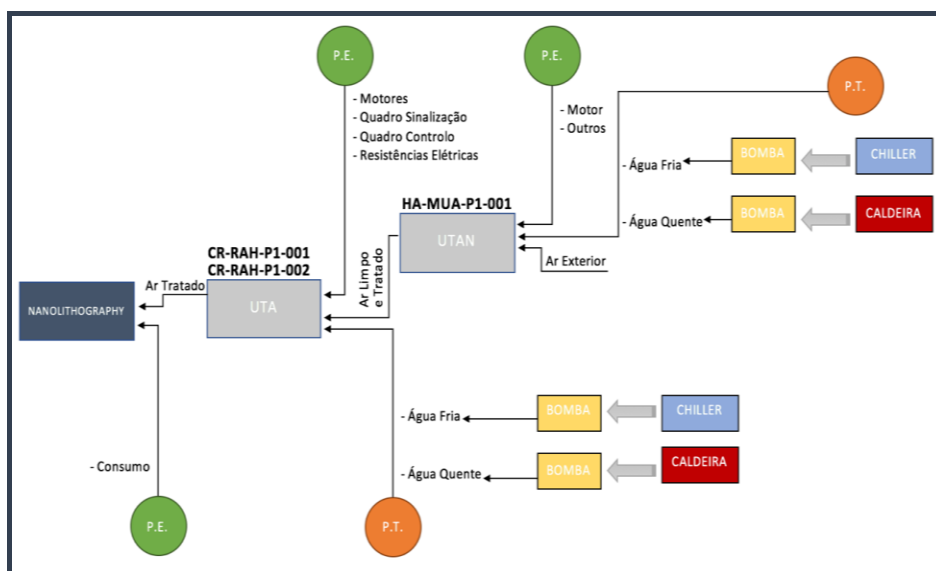


Figura 11 - Funcionamento do sistema de tratamento de ar

Estas, e as outras UTA e UTAN, responsáveis pela renovação do ar da *cleanroom*, encontram-se no piso imediatamente a baixo deste laboratório, na *fandack*, e, portanto, pertencem à secção F do edifício. São responsáveis por colocar o ar num regime laminar, bem como renová-lo frequentemente em cada uma das baías da *cleanroom*.

Ao funcionamento do sistema de tratamento de ar está inerente a utilização de potência elétrica e de potência térmica. A potência térmica requerida pelos sistemas de climatização é garantida pelas caldeiras e *chillers*.

As caldeiras são principalmente direcionadas para proporcionar conforto (ou seja, no sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, AVAC), mas a água delas proveniente é também utilizada para as águas sanitárias do edifício social. Os *chillers* para além de serem responsáveis pelo sistema de climatização (conforto) são também responsáveis pela água de processo (*cooling water*) que é utilizada para arrefecer equipamentos como, por exemplo, microscópios que atingem altas temperaturas.

O sistema de ar tratado reúne, para o seu correto funcionamento, os seguintes custos: energia elétrica, fundamental ao funcionamento das UTA e UTAN e equipamentos associados (aplicando a distribuição por PT); componentes de manutenção; amortização das UTA e UTAN (alocação direta); a manutenção realizada pelo INL (aplicando a repartição conforme o modelo de registo de horas); o custo de *chillers* e de caldeiras que colocam a água a 7°C e a 60°C respetivamente, antes de a fornecerem ao sistema de tratamento de ar (estes sistemas serão detalhados ainda neste subcapítulo); ar comprimido implementado durante o processo; e água ultrapura necessária aos humidificadores do ar (ambos já analisados).

Sendo que, em todo o INL, se contabilizam 37 UTA e o objetivo para este projeto era apenas quantificar os custos associados à *cleanroom*, foi necessário distinguir UTA e UTAN pertencentes à *cleanroom* das restantes. Assim, apurou-se que o número correspondente à *cleanroom* é de 16 UTA e UTAN, e encontram-se esquematizadas no Anexo F.

Como já foi visto, em geral as UTA e UTAN recebem água quente e fria proveniente das caldeiras e dos *chillers*, respetivamente. Uma das UTA, que não fornece a *cleanroom*, não recebe água proveniente dos *chillers*, pelo que o seu custo foi calculado separadamente.

Para uma correta distribuição do consumo de água quente e fria de cada UTA e UTAN seria necessária a implementação de dois contadores de entalpia em cada uma dessas unidades.

Embora não seja um método 100% preciso, o custo apurado para o tratamento do ar foi repartido por todas as UTA e UTAN de igual forma, imputando-se a cada uma das baías o custo correspondente às suas UTA e UTA, bem como uma parte da UTA correspondente à baía *Gowning*. O custo de cada baía é dividido equitativamente por todos os equipamentos que a constituem.

A descrição e repartição dos custos dos *chillers* e caldeiras é explicitada nos próximos tópicos.

Chillers

Os *chillers* são equipamentos responsáveis por colocar a água a 7°C. No INL existem três, que funcionam em paralelo e têm como missão retirar calor da água. Funcionam como um sistema único para todo o edifício e cada um deles é constituído por 4 compressores.

Os *chillers* não são, neste momento, utilizados na sua máxima capacidade, pelo que, é frequente ver que apenas alguns compressores estão a funcionar (através do movimento das “ventoinhas” que se encontram na parte superior dos *chillers*). Assim, e já que não é necessário o funcionamento permanente de todos os eles, estes são controlados de forma a operarem, aproximadamente, o mesmo número de horas, funcionando alternadamente consoante a carga solicitada.

No INL, as duas principais utilizações da água arrefecida proveniente dos *chillers* são: *cooling water* (ou água de arrefecimento) e água utilizada no sistema de ar tratado.

Estas duas utilizações requerem dois circuitos distintos e, por serem fechados, não pressupõem um consumo de água da rede.

Na Figura 12, é possível distinguir claramente os dois circuitos fechados pelos quais a água arrefecida proveniente dos *chillers* circula. A água retorna aos *chillers* a uma temperatura superior e é novamente arrefecida. Deste modo, a linha a vermelho representa água a uma temperatura superior e a linha a azul representa água arrefecida pelos *chillers*.

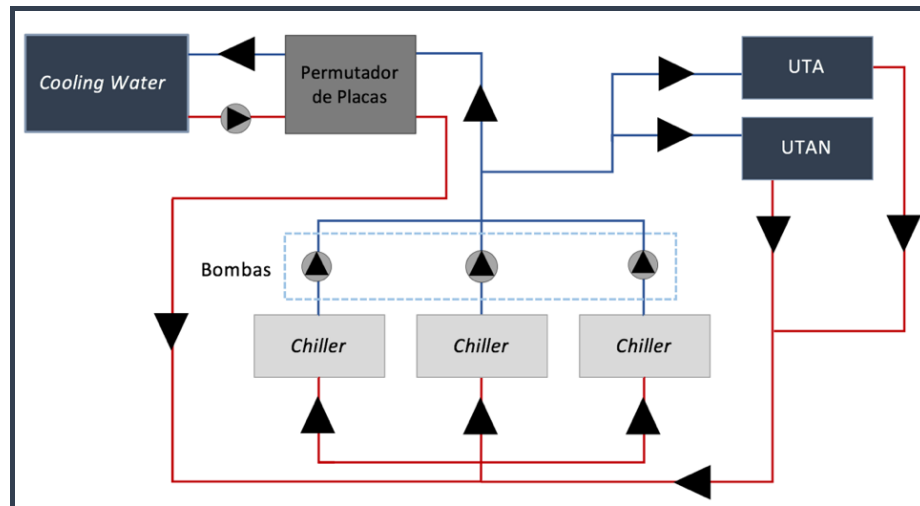


Figura 12 - Esquematização dos circuitos alimentados pelos *chillers*

Os custos associados aos *chillers* são: energia elétrica, que deverá ser medida utilizando três sensores por *chiller* (em princípio produzidos no INL), bem como um contador onde esses sensores vão ligar (custará cerca de 500€, segundo dados disponibilizados); amortização do custo dos *chillers* implementados aquando da construção; componentes de manutenção; manutenção realizada pelo INL; e manutenção realizada por uma empresa externa.

Após apurados todos os custos, a sua repartição pode ser feita com base em contadores de entalpia instalados em cada um dos circuitos. Estes contabilizam o consumo de potência térmica, que depois se traduz em potência elétrica, ao longo de um determinado circuito, através da equação (4.2).

$$\Delta Q = mC_p \Delta T \quad (4.2)$$

Onde:

m – Massa

C_p – Calor específico do fluido (neste caso, água)

ΔT – Diferença de temperaturas

Na impossibilidade da implementação de contadores de entalpia, optou-se por utilizar o caudal disponibilizado. Como cada bomba disponibiliza um caudal de 240 m³/h, sendo 3, o caudal total é de 720m³/h. Este valor foi dividido pelos sistemas que os *chillers* abastecem.

Caldeiras

Existem cinco caldeiras que funcionam em paralelo e são responsáveis pela alimentação de todo o edifício, cada uma com uma potência de 500kW.

A sua principal missão é colocar a água a 60°C. As caldeiras, tal como os *chillers* funcionam alternadamente para que todas tenham o mesmo desgaste. Consomem energia elétrica e gás natural para funcionarem. A quantidade de energia elétrica é residual se não considerarmos as bombas que têm associadas, já que estas são as responsáveis por um consumo elétrico mais significativo. Aqui há redundância no funcionamento, já que, sendo duas, se uma das bombas falhar, a outra garante que o fornecimento de água quente não é comprometido.

As caldeiras são os únicos equipamentos no INL que consomem gás natural. Este consumo, ao contrário do que acontece com a energia elétrica consumida nos *chillers* (que depende da temperatura exterior) é constante. Este é um custo que após ser apurado, é diretamente imputado às caldeiras.

Para além do consumo de energia elétrica e de gás, as caldeiras representam ainda um custo ao nível da amortização, da compra de componentes de manutenção e da manutenção realizada pelo INL.

A água quente proveniente das caldeiras alimenta quatro principais sistemas: o sistema de ar tratado, que inclui as *hot air boxes*, a cozinha e o edifício social, o piso radiante e os convetores.

A cozinha que aqui se refere ainda não se encontra em funcionamento, pelo que ainda não existe consumo. A cafetaria onde geralmente os colaboradores lancham e almoçam requer apenas energia elétrica para o seu funcionamento. No edifício social, a água, proveniente das caldeiras, é apenas necessária nos duches já que, por exemplo, o ar condicionado é elétrico.

As *hot air boxes* são “caixas” existentes no teto ao longo de todo o edifício que são responsáveis pela renovação do ar. Quando é necessário que a temperatura do ar aumente, a água quente garante esse aumento.

O piso radiante proporciona o aquecimento de um espaço, distribuindo homogeneamente o calor. Se for combinado com uma bomba de calor reversível, o sistema de aquecimento por piso radiante pode ainda proporcionar arrefecimento nas estações mais quentes. Um piso radiante a água é mais vantajoso em relação, por exemplo, aos radiadores, pois proporciona um aquecimento uniforme desde o chão até ao teto, isto porque o sistema é constituído por uma rede de tubagens debaixo do pavimento, onde circula a água quente.

À exceção da água consumida na cozinha e no edifício social, todos os outros são circuitos fechados pelo que não existe consumo de água da rede.

Neste momento não existe nenhum equipamento que permita quantificar o consumo associado a cada circuito. Utilizou-se o número de litros disponibilizados por hora a cada sistema como forma de repartição.

As caldeiras são responsáveis não só pelo aquecimento, mas também pela redução da humidade relativa do ar.

4.4 Resultados

Como o objetivo era obter o custo por equipamento, foi criada uma página “*Cost by Equipment*” na qual se apresenta um resumo de todos os custos associados ao funcionamento de cada um dos equipamentos da *cleanroom*. Esta página está representada na Figura 20 do Anexo G.

Em cada uma das colunas é apresentado o custo associado a esse mesmo processo/ consumível/ serviço. Esses valores são, na sua generalidade, provenientes das folhas que lhes dizem respeito. A repartição de cada um dos custos totais pelos equipamentos utiliza diversos critérios de repartição, que serão detalhados na Tabela 8.

A conclusão do modelo é obtida após a obtenção e repartição de todos os custos associados ao funcionamento dos equipamentos presentes na *cleanroom*.

No final da página “*Cost by Equipment*” é possível obter informação, sob a forma de gráfico, acerca dos 6 equipamentos que apresentam um maior custo.

Tabela 8 - Critério de repartição de cada custo da *cleanroom*

Rubrica de Custos	Critério de Repartição
Eletricidade	Os valores são copiados diretamente da página “ <i>Electricity</i> ”: obtidos através da potência do equipamento e respectivas horas de utilização.
Água Ultrapura, Cooling Water, Azoto, Ar Comprimido, Vácuo e Exaustão	O valor é equitativamente distribuído por todos os equipamentos que requerem cada um destes processos para a realização das suas atividades. É a tabela de processos, presente na página “ <i>Distribution Tables by Equip.</i> ”, que apresenta quais os equipamentos que requerem cada um deles, e serve de base à repartição dos custos.
Gases e Químicos	O custo com esses consumíveis é obtido nas páginas correspondentes em função do número de horas de funcionamento.
Ar Tratado	Este sistema é inerente a todo o edifício. O custo do ar tratado relativo à <i>cleanroom</i> , é obtido na página “ <i>Treated Air</i> ”. Esse valor é distribuído, na página “ <i>Distribution Tables</i> ”, no tópico “ <i>Treated Air</i> ” pelas UTA e UTAN da <i>cleanroom</i> . É a esta última página que a página “ <i>Cost by Equipment</i> ” recorre para determinar um custo de ar tratado para cada baía. Em cada baía, o custo é repartido de forma equitativa por todos os equipamentos.
Amortização dos equipamentos	Os valores são obtidos diretamente da página “ <i>Amortization of the Equipment</i> ” onde constam os valores de amortização anual de cada equipamento em função do seu valor de compra e da vida contabilística. Em termos de amortização do edifício, a <i>cleanroom</i> também representa um custo. Esse custo é repartido por todos os equipamentos em função do seu valor de compra. Admitindo que equipamentos mais dispendiosos ocupam uma área superior.
Consumíveis e Lavandaria	O valor é obtido na página “ <i>Consumables</i> ”, no caso dos consumíveis; e de forma direta no caso da lavandaria. Ambos os custos, são distribuídos de igual forma por todos os equipamentos presentes na <i>cleanroom</i> .
Manutenção dos equipamentos	Os valores são obtidos diretamente da página “ <i>EquipmentsMaintenance</i> ” sendo a alocação feita de forma direta.
Segurança	O custo total – obtido na página “ <i>Security</i> ” – deste serviço é repartido pelas sete baías em função da sua área e é posteriormente repartido pelos equipamentos de cada baía de forma equitativa.
Limpeza	O custo é calculado na página “ <i>Cleaning</i> ” e repartido de forma igual à Segurança.
Seguros	Os seguros foram calculados, na página “ <i>Amortization of Equipment</i> ” porque equivalem a 0,45% do preço de compra de cada equipamento. É assim um custo imputado diretamente.

5 Apresentação do Modelo de Custeio dos Departamentos Auxiliares

Para fazer o custeio dos departamentos auxiliares – *Site Manager*, *Direction Administrative*, *Business and Strategic Relations* e *Direction General* – foi utilizado o método TDABC por ser um método recente, que colmata algumas das principais dificuldades apontadas ao convencional método ABC. Uma das vantagens do método TDABC é a capacidade de calcular os custos de inutilização e de ócio.

Assim, foi com base nas atividades realizadas por cada departamento e em equações temporais que se criou um modelo, ainda bastante incompleto no que a dados diz respeito, mas com alguma informação no que a custos e bases de repartição diz respeito.

As equações temporais são baseadas na equação (5.1).

$$\text{Process Time} = \text{Sum of individual activity time} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i \quad (5.1)$$

Onde:

β_0 – Tempo *standard* para realizar a atividade básica

β_i – Tempo estimado para a atividade incremental

X_i – Quantidade de atividade incremental

5.1 Tabelas de distribuição

Tal como no modelo de custeio da *cleanroom*, também neste modelo foi utilizada uma escala de tempo anual, pelo que o apuramento de custos tem sempre este princípio como base.

Dentro de cada um dos departamentos auxiliares existem várias unidades, tal como foi apresentado no organograma do INL.

O apuramento do custo total de cada unidade resultou da agregação de várias rubricas de custos, como os salários, as amortizações (quer de espaço quer de equipamentos), energia elétrica, climatização, consumíveis (como, por exemplo, papel), limpeza, segurança, seguros, despesas de deslocação e de representação.

Assim, este capítulo pretende explicar em detalhe a página designada por “*TDABC model*” no modelo obtido com a ferramenta *Microsoft Excel*. Esta página apresenta possíveis critérios de repartição de custos.

Área

No método TDABC, é estabelecido que os custos são repartidos em função do tempo que determinada atividade demora a ser realizada ou o tempo dedicado por um departamento a outro.

No entanto, para repartir *à priori* alguns custos, foi necessário recorrer ao *software AutoCad* para obter as áreas de cada um dos departamentos auxiliares. Estas áreas estão descritas na Tabela 9. Os dois últimos departamentos apresentados compartilham o mesmo espaço.

Tabela 9 - Área de cada um dos departamentos auxiliares

Departamento	Área
<i>Direction General</i>	110,5
<i>Site Manager</i>	361
<i>Direction Administrative</i>	233
<i>Business and Strategic Relations</i>	

É ainda necessário repartir as áreas de cada departamento por cada unidade. Para a *Direction General* e *Site Manager*, as áreas foram obtidas através da medição no *software AutoCad*. Já no caso da *Direction Administrative* e *Business and Strategic Relations*, como estes dois departamentos se encontram juntos num só espaço, a área total do espaço foi dividida pelas unidades em função do número de pessoas alocadas a cada unidade, admitindo que um departamento com mais pessoas ocupará uma área maior do que um departamento com menos.

Neste segundo modelo, ainda no que a áreas diz respeito, é importante realçar a criação de uma página dedicada apenas às áreas onde se esquematizou todos os *Wet e Dry Laboratories* e se apurou qual o centro de custo alocado em cada um deles. Após fazer essa distribuição dos centros de custo por laboratório, criou-se uma tabela que recolhe informação sobre o *layout* desses laboratórios e atribui a cada centro de custo a área ocupada – Figura 13. Este pode ser um ponto de partida para, à semelhança do modelo criado para a *cleanroom*, criar um modelo dedicado a estes laboratórios.

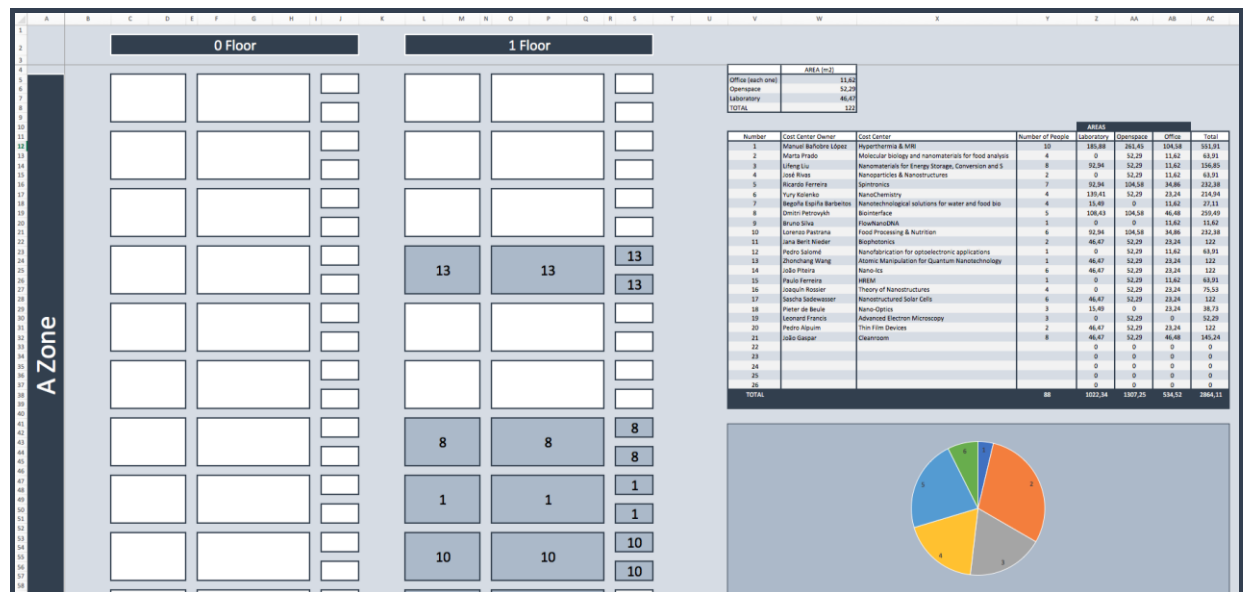


Figura 13 - Página das áreas dos PI Laboratories

Nesta página reúne-se informação acerca da ocupação dos PI Laboratories, acerca dos centros de custo, do número de pessoas que os constituem e da área que ocupam. É ainda apresentado um gráfico que indica quais os cinco centros que ocupam uma maior área.

No *layout*, os espaços a branco simbolizam locais que ainda não estão preenchidos, ao passo que os coloridos se encontram ocupados por pessoas do centro de custo correspondente ao número assinalado.

A área dos PI *Laboratories* foi obtida através do *software AutoCad* e considerou-se ser de 122m² quer no piso 1, quer no piso 0. A cada laboratório corresponde um *openspace* e dois escritórios e toda esta área está compreendida nos 122m² – Figura 14.

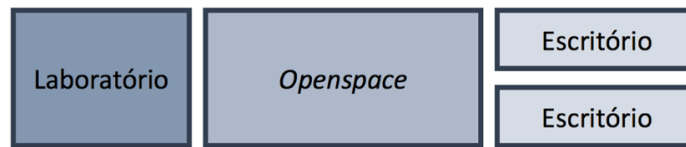


Figura 14 - Estrutura do Wet e Dry Laboratories

Laboratório, *openspace* e escritórios podem não pertencer ao mesmo centro de custo. Na verdade, poucas vezes tal acontece.

Para o cálculo das áreas mediu-se no *software AutoCad* e obteve-se, aproximadamente: laboratório – 47m²; *openspace* – 55m²; cada escritório – 10m².

Tempo

O tempo de cada colaborador foi estimado de forma igual ao modelo da *cleanroom*, que está explícito no capítulo 4.2.2.

Colaboradores

A utilização do número de colaboradores como critério de repartição pode ser útil em casos como, por exemplo, departamentos que partilham o mesmo espaço, em regime de *openspace*.

No caso da *cleanroom*, não há nenhum custo em que se use como chave de repartição o número de pessoas.

Como no modelo TDABC se utiliza o número de pessoas como critério de repartição de custos, é importante definir o número de colaboradores de cada departamento, tal como se pode ver no Anexo I.

5.2 Apuramento de Custos

O apuramento de custos dos departamentos auxiliares permite completar o custo obtido com o modelo exposto para os equipamentos da *cleanroom*. Isto porque os custos dos centros auxiliares devem também ser atribuídos aos objetos de custo, tal como se ilustra na Figura 15.

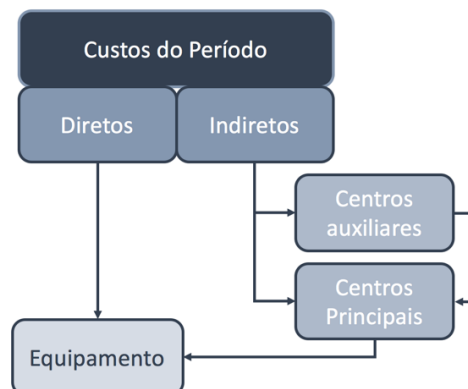


Figura 15 - Repartição de custos

Os vários custos associados ao funcionamento dos departamentos auxiliares vão ser expostos no decorrer dos tópicos seguintes.

Mão-de-Obra

Ao contrário do que acontece na *cleanroom*, onde são os equipamentos os principais geradores de custos, no caso dos departamentos auxiliares, a mão-de-obra é fundamental e responsável pela execução das tarefas, pelo que este é um custo com grande expressão.

Assim, foi importante saber quantas são as pessoas alocadas a cada departamento. Para além de que este era um fator chave para proceder à realização do modelo TDABC por ser um modelo que se baseia no número de horas de trabalho disponíveis.

Salários e Remunerações

Os salários representam um custo importante em cada uma das unidades. Estes valores podem ser obtidos através do *software* ERP de que o INL dispõe e diretamente imputados a cada uma das unidades.

Amortização

Apesar do edifício se localizar em território internacional e não ter representado um custo de aquisição, já que foi uma cedência do governo português, a construção implicou um custo. Esse custo não deve ser repartido igualmente pelas diferentes partes constituintes do edifício (A, B, C, D, E e F) já que algumas destas são áreas científicas e outras são não científicas, o que faz concluir que as primeiras representaram um custo de construção superior.

Assim, para os centros auxiliares, é necessário ter em consideração a amortização da construção, bem como dos equipamentos que cada departamento tem à sua disposição.

Eletricidade

A energia elétrica é um custo inerente a todo o edifício. No entanto, já existe uma divisão de zonas por PT. Cada um dos 5 PT existentes é responsável pelo abastecimento elétrico de uma determinada zona. Os departamentos *Direction general*, *Direction Administrative*, *Business and Strategic Relations* utilizam eletricidade proveniente do PT4. O departamento *Site Manager* utiliza eletricidade proveniente do PT5.

Assim, pode concluir-se que uma parte do custo associado ao PT5 será destinado ao departamento *Site Manager*, e que uma parte do custo associado ao PT4 será destinado aos outros três departamentos auxiliares.

Ar Tratado e Exaustão

O ar tratado não é exclusivo da *cleanroom*, as UTA e UTAN presentes no edifício garantem climatização em todo o edifício, pelo que esse custo também tem de ser repartido por todos os departamentos.

À exceção das UTA existentes na *fandack* (responsáveis pela climatização da *cleanroom*), as UTA e UTAN situam-se na cobertura. Aí, um conjunto de unidades de tratamento de ar alimenta diversos “blocos”, cada um responsável pela insuflação de ar num dos laboratórios presentes nas zonas A e B, que correspondem aos *Wet* e *Dry Laboratories*. A cada um desses blocos estão também associadas condutas de extração do ar. Uma delas em PVC responsável pela extração de ar contaminado, por exemplo, com químicos. A outra, de chapa, responsável pela extração de ar normal. O sistema de insuflação e exaustão de ar permite reduzir a concentração de poluentes. A exaustão permite evitar riscos de explosões e inflamações de certos poluentes.

A exaustão/ extração do ar dos laboratórios segue uma metodologia diferente das demais áreas do edifício. No caso dos laboratórios podemos distinguir dois tipos de extração, estando um deles diretamente relacionado com o funcionamento dos equipamentos. O outro, está relacionado com a extração do ar “geral” do laboratório. Pode haver equipamentos sem extração, no entanto não existem laboratórios sem extração. O ar extraído dos laboratórios é

filtrado pelo sistema de exaustão antes de ser impulsionado para o meio ambiente. O restante sistema de extração, das zonas comuns, é mais simples, não necessita de filtros e impulsiona o ar diretamente para o meio ambiente.

Consumíveis

Em todos os departamentos são consumidos produtos do economato, ou seja, material de escritório como canetas, folhas, cadernos, capas, etc. O custo com consumíveis foi repartido pelos departamentos em função do número de pessoas que constituem cada um deles.

Limpeza

A limpeza é realizada por uma empresa externa, tal como já foi visto para a *cleanroom*. Sendo que nessa sala são despendidas 48 horas por semana, no restante edifício, são 112 horas semanais. O custo é repartido pelos diversos departamentos e unidades em função das suas áreas.

Segurança

A segurança de todo o edifício está ao cargo de uma empresa externa. Tal como já foi clarificado no subcapítulo 4.3.1, no tópico referente à segurança, os custos desta rubrica são repartidos por todas as áreas do edifício que se encontram ocupadas. O custo é repartido em função das áreas.

5.3 Modelo de Custeio Desenvolvido com o Método TDABC

Na criação deste modelo, partiu-se da estrutura do organograma do INL, que é constituído por departamentos principais e secundários. Foi criada uma página inicial que esquematiza a estrutura e possibilita um rápido acesso a cada um dos departamentos e unidades, bem como uma listagem dos custos destes. Esta página, que funciona como se de um índice se tratasse, está representada na Figura 16.

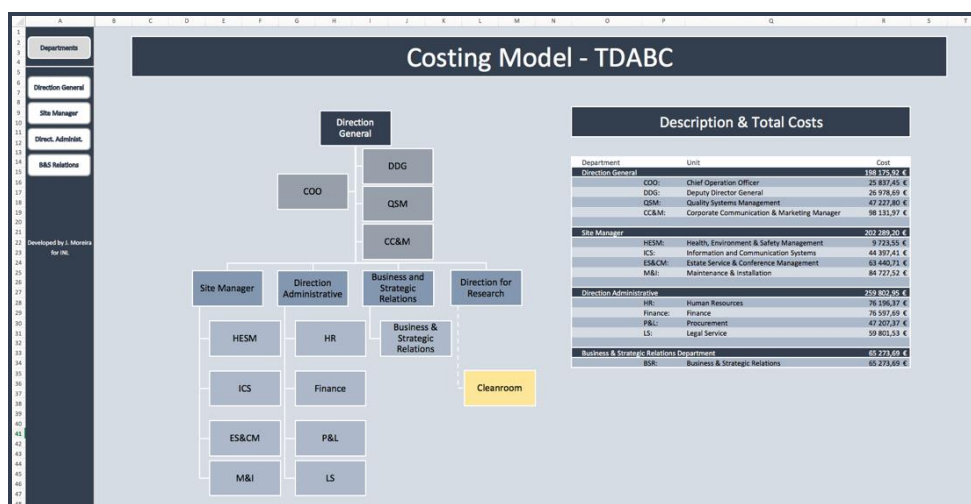


Figura 16 - Página inicial

Aqui existe a possibilidade de retornar ao programa destinado ao custeio da *cleanroom*, clicando no quadrado com o mesmo nome. A barra lateral está presente em todas as páginas e permite um rápido acesso quer à página inicial, designada por “Departments” quer às páginas dos departamentos auxiliares.

Para cada um dos departamentos foi criada uma página à semelhança da que pode ser visualizada no Anexo J (1). Na página de cada departamento é possível aceder às unidades pertencentes ao departamento, bem como visualizar o custo associado a essas unidades e, por conseguinte, o valor total do departamento. É possível, também, ver qual a taxa de eficiência de cada unidade.

No Anexo J (2) pode visualizar-se o exemplo de uma página dedicada a uma unidade, neste caso *Chief Operation Officer* (COO).

A barra lateral continua a apresentar-se como uma forma rápida de aceder, quer à página inicial quer às páginas dos departamentos. O nome do departamento que aparece na caixa azul dentro da barra lateral é o departamento ao qual a unidade pertence.

No quadro superior, na primeira linha, aparece qual o custo anual com a unidade em questão, previamente calculado na página dedicada ao modelo, designada “TDABC model”. Seguidamente, e proveniente da mesma página, aparece o número de pessoas pertencentes à unidade. É calculado automaticamente o total do número de horas de trabalho da unidade multiplicando o número de colaboradores pelas horas de trabalho de cada um.

Com estes dados é possível calcular a *Capacity Cost Rate* que divide o custo da unidade pelo tempo total disponibilizado pelos funcionários.

São apresentadas as atividades principais – que dizem respeito à numeração de um nível – e as atividades incrementais de cada atividade principal, que se apresentam com numeração de dois níveis.

É necessário introduzir informação acerca do número de minutos que é necessário para realizar cada atividade – seja principal ou incremental – bem como o número de vezes que essa atividade é realizada num ano. Já na posse destes dois elementos, é calculado automaticamente o tempo de processo (calculado em minutos). É na célula correspondente ao tempo de processo que se encontram as equações temporais, que conjugam o tempo dedicado à atividade principal com o número de vezes que a atividade incremental foi realizada. O custo do departamento é assim repartido pelas diferentes atividades principais em função do número de minutos dedicados a cada uma delas.

No final do quadro são adicionados todos os minutos de trabalho e, ou se verifica que as horas totais de trabalho atingiram um valor superior ao esperado, pelo que a eficiência supera os 100%, ou é inferior ao valor esperado e aí, para além de se obter informação sobre a quantidade de horas não produtivas, também é apresentado o custo que essas mesmas horas representam, bem como a percentagem de horas produtivas e não produtivas, com o objetivo de auferir sobre a taxa de eficiência (*Efficiency Rate*). Neste tipo de modelos de custeio, normalmente é estabelecida, à partida, uma taxa de eficiência esperada, já que dificilmente é obtida, na prática, uma taxa de 100%.

Ainda no Anexo J (2), pode verificar-se que é apresentado um gráfico que relaciona as atividades principais com o custo a elas associado. Esta é uma forma mais intuitiva de verificar quais as atividades que representam um custo mais significativo dentro de cada unidade.

Por fim, importaria determinar as repartições dos custos destes centros auxiliares pelos centros principais (laboratórios). No caso de as atividades de cada unidade poderem ser identificadas como afetas a determinado centro principal, o problema estaria resolvido através do apuramento das quantidades que essa mesma atividade é executada para cada centro (fundamental o registo informático específico para estes casos). Para os casos em que as atividades são de carácter mais geral, uma chave de repartição teria que ser usada, baseada, por exemplo, no número de investigadores de cada centro.

A construção e a implementação de um modelo deste tipo, com o detalhe das atividades de cada unidade, e respetivos tempos estimados de execução, bem como a recolha e tratamento de informação, poderá implicar uma considerável alocação de recursos (humanos e económicos) muitas vezes desencorajadora da própria implementação. Neste sentido, é fundamental que se faça prioritariamente uma análise custo-benefício.

6 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

O principal objetivo do projeto, que visava o desenvolvimento de um modelo de custeio para a *cleanroom* com a ferramenta *Microsoft Excel*, foi cumprido. Esta ferramenta permite o registo de todos os dados associados ao funcionamento dessa área laboratorial, e pode servir de auxílio à tomada de decisões sustentadas relativamente aos custos com projetos e atividades desenvolvidas.

O segundo modelo criado, relativo aos departamentos auxiliares, embora ainda se encontre num estado embrionário, já apresenta algumas informações bastantes úteis principalmente no que diz respeito ao apuramento e repartição dos custos por pessoas e áreas.

No segundo modelo foi feita uma abordagem aos *Wet & Dry Laboratories* que pode servir de base à incorporação destes mesmos laboratórios num modelo de custeio. Seguindo as diretrizes apresentadas para a *cleanroom*, pode estabelecer-se um modelo de custeio para as restantes áreas laboratoriais.

Em ambos os modelos faltam dados, quer por questões de confidencialidade, quer por serem de difícil obtenção. Estas limitações dos modelos advêm ainda do reduzido período de tempo em que foi realizado.

No sentido de tornar o INL uma organização mais sensível aos custos em que a sua atividade incorre, estão a decorrer atividades, nomeadamente, o projeto de implementação de caudalímetros para o controlo do consumo de azoto. Na exposição do trabalho realizado durante este projeto, várias foram as sugestões apresentadas que possibilitam a medição de consumos. No entanto, a sua implementação requer o debate acerca da vantagem económica que esse registo pode trazer, face ao custo que a sua aplicação acarreta.

Se os custos dos sistemas forem apurados de forma fiável, esses dados poderão ser inseridos tanto no modelo apresentado como numa sua evolução. O facto de já existir projeto para a instalação de equipamentos capazes de medir o consumo faz com que, caso seja implementado um modelo de custeio, este possa ser preenchido com dados reais e não estimados empiricamente. Daí poderão advir resultados que permitam retirar ilações acerca da orçamentação feita a projetos e outras atividades.

O controlo do consumo pode tornar o edifício mais sustentável e adaptá-lo à realidade do futuro, em que tudo será controlado remotamente, adotando o conceito de *Internet of Things*. Caso sejam aplicados equipamentos que permitam um registo remoto, essa informação pode preencher o modelo de forma automática. Seguindo este mesmo princípio, também os restantes dados do modelo deverão ser obtidos automaticamente a partir do sistema de informação da organização.

Os modelos criados são o ponto de partida para a perceção e consciencialização da necessidade de implementar um sistema de custeio e garantir uma eficiente gestão de custos. E embora os dados necessários ao preenchimento do modelo não tenham sido todos obtidos, foi importante salientar diversos custos e perceber de que forma poderão ser apurados. De futuro a solução poderá passar pela implementação de alguma das ferramentas informáticas expostas no subcapítulo 2.3, mas até mesmo a implementação de uma delas, implicará a

percepção de custos que a atividade laboratorial acarreta, e nisso este trabalho pode ser útil por apresentar informação acerca dos custos e da forma como estes devem ser repartidos.

O registo de consumos e de custos vai permitir apurar resultados que deverão ir de encontro ao princípio de Pareto, que afirma que 20% dos equipamentos causam 80% dos custos. É importante para a organização saber quais são os processos que acarretam maior custo, quais os equipamentos, quais os departamentos... tudo são informações que podem ser obtidas através de um modelo de custeio completo e dinâmico. Ao obter estes dados a organização pode focar-se em diminuí-los.

Ambos os modelos necessitam de uma atualização periódica já que os diversos custos vão sofrendo alterações e não devem ser encarados como estáticos. Os elementos de repartição, como o número de pessoas, também necessitam de atualização. No caso do modelo TDABC, o tempo dedicado a cada departamento pode mudar, aumentar ou diminuir, como tal compreende-se a necessidade de uma contante atualização para que os dados e todo o modelo não se tornem obsoletos.

Embora o trabalho tivesse como temática o desenvolvimento de um modelo de custeio, foi fundamental a compreensão do funcionamento dos sistemas de forma a entender como os custos poderiam ser contabilizados e repartidos. Após essa análise foi criado o modelo em função do que já havia sido compreendido. A ausência de alguns dados impossibilitou a obtenção de resultados concretos, mas os dados recolhidos foram dispostos de forma correta no modelo, pelo que este pode considerar-se um projeto iniciado, mas ainda não terminado. De facto, isto é uma realidade da generalidade dos modelos de custeio, cujo funcionamento implica constantes atualizações e um longo período de recolha de dados.

Como trabalho futuro, pode estender-se o princípio do modelo criado para a *cleanroom* aos restantes laboratórios. Esse processo já foi iniciado com a definição das áreas dos *Wet e Dry Laboratories* e respetivos centros de custo.

Em função do nível de detalhe e precisão que se pretende obter, também o modelo construído para a *cleanroom* pode ser aperfeiçoado e melhorado.

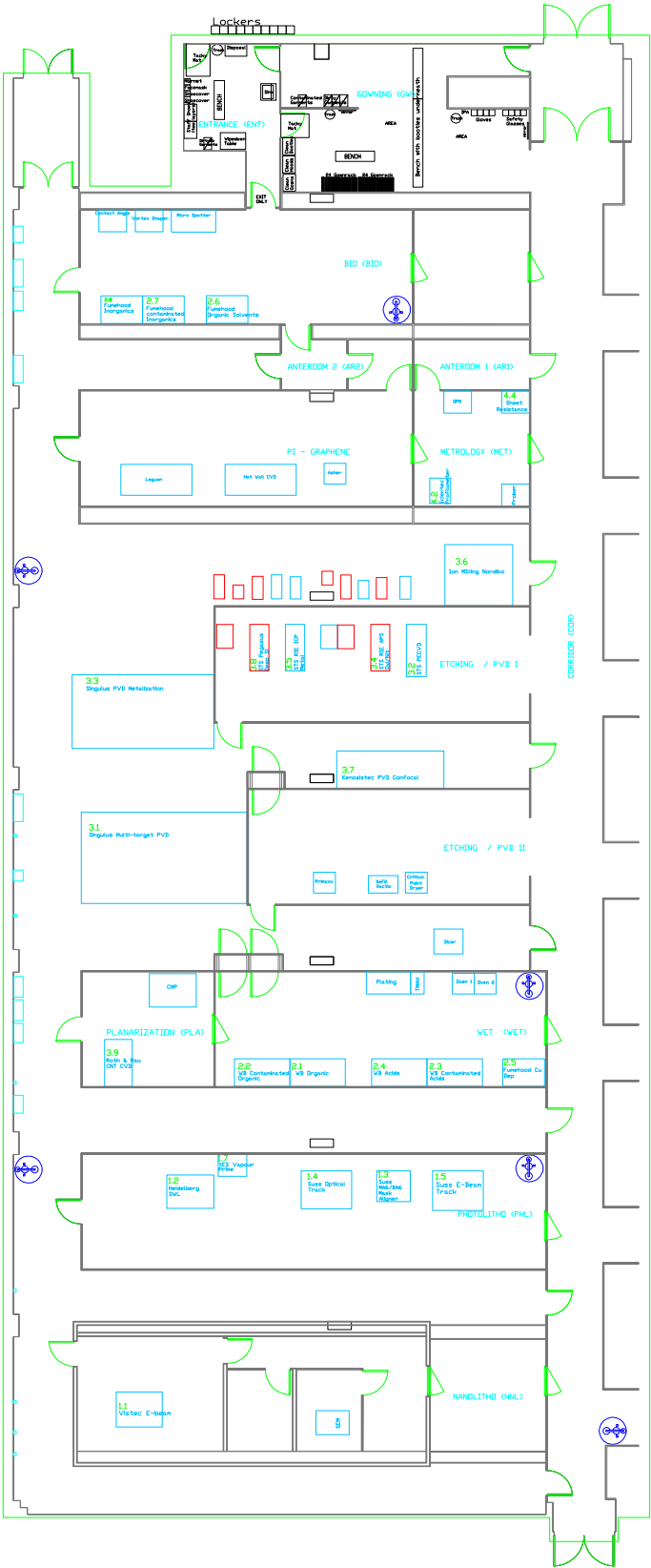
Ao que à gestão de custos diz respeito, ainda muito pode ser feito se de facto se comprovar a utilidade e necessidade de implementar um método de custeio.

A experiência em ambiente de trabalho real, e diferenciado das demais indústrias, por se tratar de um laboratório, permitiu uma ampla aprendizagem de processos e metodologias. Por ter realizado um projeto que implicou uma ajuda transversal a vários departamentos, foi possível obter uma visão mais alargada e uma experiência enriquecedora.

Referências

- Aly, A. H., and M. E. Mansour. 2017. "Evaluating the sustainable performance of corporate boards: the balanced scorecard approach." *Managerial Auditing Journal* 32 (2):167-195. doi: 10.1108/maj-04-2016-1358.
- Banker, Rajiv D., Indranil R. Bardhan, and Tai-Yuan Chen. 2008. "The role of manufacturing practices in mediating the impact of activity-based costing on plant performance." *Accounting, Organizations and Society* 33 (1):1-19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2006.12.001>.
- Caiado, António C. Pires. 2002. *Contabilidade de Gestão*.
- Chen, T. H., W. P. Chen, and M. J. J. Wang. 2014. "The Effect of Air Permeability and Water Vapor Permeability of Cleanroom Clothing on Physiological Responses and Wear Comfort." *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 11 (6):366-376. doi: 10.1080/15459624.2013.875181.
- Cokins, Gary, Cpim, and Douglas D. Paul. 2016. "Time-Driven or Driver Rate-Based ABC?". *Strategic Finance Magazine*, accessed 16/05/2017. <http://sfmagazine.com/post-entry/february-2016-time-driven-or-driver-rate-based-abc/>.
- Costa, Elsa Carina Ferreira da. 2015. "Aplicação do modelo de Custeio Time-Driven Activity-Based Costing na Portugal Telecom." Master, Universidade do Porto.
- Dias, Nuno Filipe Peixoto. 2013. "Desenvolvimento de uma alicação informática de gestão de custos baseada no TDABC." Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Drury, Colin. 2006. *Cost and Management Accounting*. 6ª ed: Thomson Learning.
- Horngren, Charles T., Srikant M. Datar, and Madhav Rajan. 2012. *Cost Accounting*. 14 ed: Pearson Prentice Hall.
- Jordan, H., J. C. Neves, and J. A. Rodrigues. 2008. *O Controlo de Gestão - Ao Serviço da Estratégia e dos Gestores*. 8ª ed: Áreas Editora.
- Kaplan, Robert S., and Steven R. Anderson. 2004. *Time-Driven Activity-Based Costing*: Harvard Business School Press.
- Kaplan, Robert S., and Robin Cooper. 1998. *Cost & Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*: Harvard Business School Press.
- Munoz-Ecija, T., B. Vargas-Quesada, and Z. Chinchilla-Rodriguez. 2017. "Identification and visualization of the intellectual structure and the main research lines in nanoscience and nanotechnology at the worldwide level." *Journal of Nanoparticle Research* 19 (2):25. doi: 10.1007/s11051-016-3732-3.
- Whyte, William. 2001. *Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation*. University of Glasgow, UK.

Anexo A: Layout da *Cleanroom*



Anexo B: Centros de Custo

Departamentos auxiliares

Cost Center Number	Cost Center Description	Cost Center People (number)
1000000	Direction General	2
1000001	Communication & PR Outreach	2
1000002	Legal Service	3
1000003	Directorate Office	2
2000001	Finance	4
2000002	Human Resources	2
2000003	Procurement	2
3000001	Industrial Liaison & Technology Transfer	4
5000001	General Infrastructure	5
5000004	Scientific Computing	3

Departamentos principais

Cost Center Number	Cost Center Description	Cost Center People (number)	Cost Center Number	Cost Center Description	Cost Center People (number)
4000001	Biointerface	3	4000028	Biophotonics	2
4000004	Nano-optics	3	4000029	Nanoparticles & Nanostructures	2
4000005	Nanodevices group	5	4000030	NanoChemistry	4
4000007	Nano-Ics	6	4000032	Food Processing & Nutrition	4
4000008	Nanomaterials for Energy Storage, Conversions and S	8	4000033	HREM	1
4000009	Nanostructured Solar Cells	6	4000034	FlowNanoDNA	1
4000010	Self-assembled Nanostructures	4	4000036	Nanofabrication for optoelectronic applications	1
4000011	Theory of Nanostructures	4	4000037	Photonic Crystals and Surface Waves	1
4000012	Spintronics	7	4000038	Exploratory Nanophotonics	

4000014	Thin Film Devices	2	4000039	Atomic Manipulation for Quantum Nanotechnology	1
4000017	Advanced Electron Microscopy	3	4001001	Bio-Quimics (Laboratorie General)	1
4000019	Detection of food- borne pathogens using a magnetor	3	4001002	Clean Room	5
4000022	Hyperthermia & MRI	3	4001003	AEMIS	2
4000023	Nanotechnological solutions for water and food bio	4	4001004	Cell Culture Lab	
4000026	Molecular biology and nanomaterials for food analysis	3			

Anexo C: Equipamentos da Cleanroom por Baía

1.	Bio Bay
1.1	Micro Spotter
1.2	Contact Angle Measurement
1.3	Fume Hood 6 - Organic - Bio Bay
1.4	Fume Hood 7 - Contaminated Inorganic - Bio Bay
1.5	Fume Hood 8 - Inorganic - Bio Bay
1.6	TOPMIX VORTEX SHAKER
1.7	NOVASCAN 4" UV/OZONE SYSTEM WITH:
2.	Metrology/ Graphene
2.1	EasyTube 3000 Graphene CVD Furnace System
2.2	Leguan-Thin film Silicon CVD system
2.3	Plasma asher
2.4	Contact profilometer
2.5	Resistivity mapper
2.6	Optical profilometer/elipsometer
2.7	Wafer Probe Station A
3.	Etching/ PVD I
3.1	Metallization sputtering tool (Al, TiWN, Al ₂ O ₃)
3.2	PECVD oxides, oxinitrides, and a: SiH
3.3	Broad Beam Ion Milling with SIMS end point detect.
3.4	Oxide Reactive Ion Etch
3.5	Al (TiW) reactive ion etching
3.6	Si Deep Reactive Ion Etching
4.	Etching/ PVD II
4.1	Multitarget sputtering tool
4.2	Multitarget confocal sputtering tool
4.3	Oxide Vapour Etch release System
4.4	XeF ₂ isotropic Si etch
4.5	Super Critical CO ₂ Point dryer
5.	Wet Bay/ Planarization
5.1	CNT deposition tool (PECVD, 800C)
5.2	Cu Electroplating
5.3	Oven POL-EKO

5.4	Oven Memmert
5.5	Manual Coater + Hotplate 300mm
5.6	TMAH / KOH Si Etch
5.7	Wet bench 1 - Resist Strip Process
5.8	Wet bench 2 - Lift-off Process
5.9	Wet bench 3 - HF / Etching Process
5.10	Wet bench 4 - Clean Process
5.11	Fume Hood 5 - Wet bay
5.12	Chemical Mechanical PLanarization
6.	Photolithography
6.1	Direct write laser lithography
6.2	Mask aligner
6.3	Optical Photoresist Track
6.4	E-beam Photoresist Track
6.5	Vapor Prime
6.6	Optical Microscope - Manual
6.7	Optical Microscope - Motorized
7.	Nanolithography
7.1	E-beam lithography
7.2	HRSEM metrology

Anexo D: Utilização dos Processos por Equipamento

1.	Bio Bay	UPW	CW	Nitrogen	CA	Vaccum	Exhaust
1.1	Micro Spotter						
1.2	Contact Angle Measurement						
1.3	Fume Hood 6 - Organic - Bio Bay	X		X	X	X	X
1.4	Fume Hood 7 - Contaminated Inorganic - Bio Bay	X		X	X	X	X
1.5	Fume Hood 8 - Inorganic - Bio Bay	X		X	X	X	X
1.6	TOPMIX VORTEX SHAKER						
1.7	NOVASCAN 4" UV/OZONE SYSTEM WITH:						
2.	Metrology/ Graphene						
2.1	EasyTube 3000 Graphene CVD Furnace System						X
2.2	Leguan-Thin film Silicon CVD system						X
2.3	Plasma asher			X	X		X
2.4	Contact profilometer				X	X	
2.5	Resistivity mapper					X	
2.6	Optical profilometer/elipsometer						
2.7	Wafer Probe Station A						
3.	Etching/ PVD I						
3.1	Metallization sputtering tool (Al, TiWN, Al ₂ O ₃)		X	X	X		X
3.2	PECVD oxides, oxinitrides, and a: SiH		X	X	X		X
3.3	Broad Beam Ion Milling with SIMS end point detect.		X	X	X		X
3.4	Oxide Reactive Ion Etch		X	X	X		X
3.5	Al (TiW) reactive ion etching		X	X	X		X
3.6	Si Deep Reactive Ion Etching		X	X	X		X
4.	Etching/ PVD II						
4.1	Multitarget sputtering tool		X	X	X		X
4.2	Multitarget confocal sputtering tool		X	X	X		X
4.3	Oxide Vapour Etch release System		X	X	X		X
4.4	XeF ₂ isotropic Si etch			X	X		X
4.5	Super Critical CO ₂ Point dryer			X	X		
5.	Wet Bay/ Planarization						
5.1	CNT deposition tool (PECVD, 800C)		X	X	X		X
5.2	Cu Electroplating	X	X	X	X		X
5.3	Oven POL-EKO						X

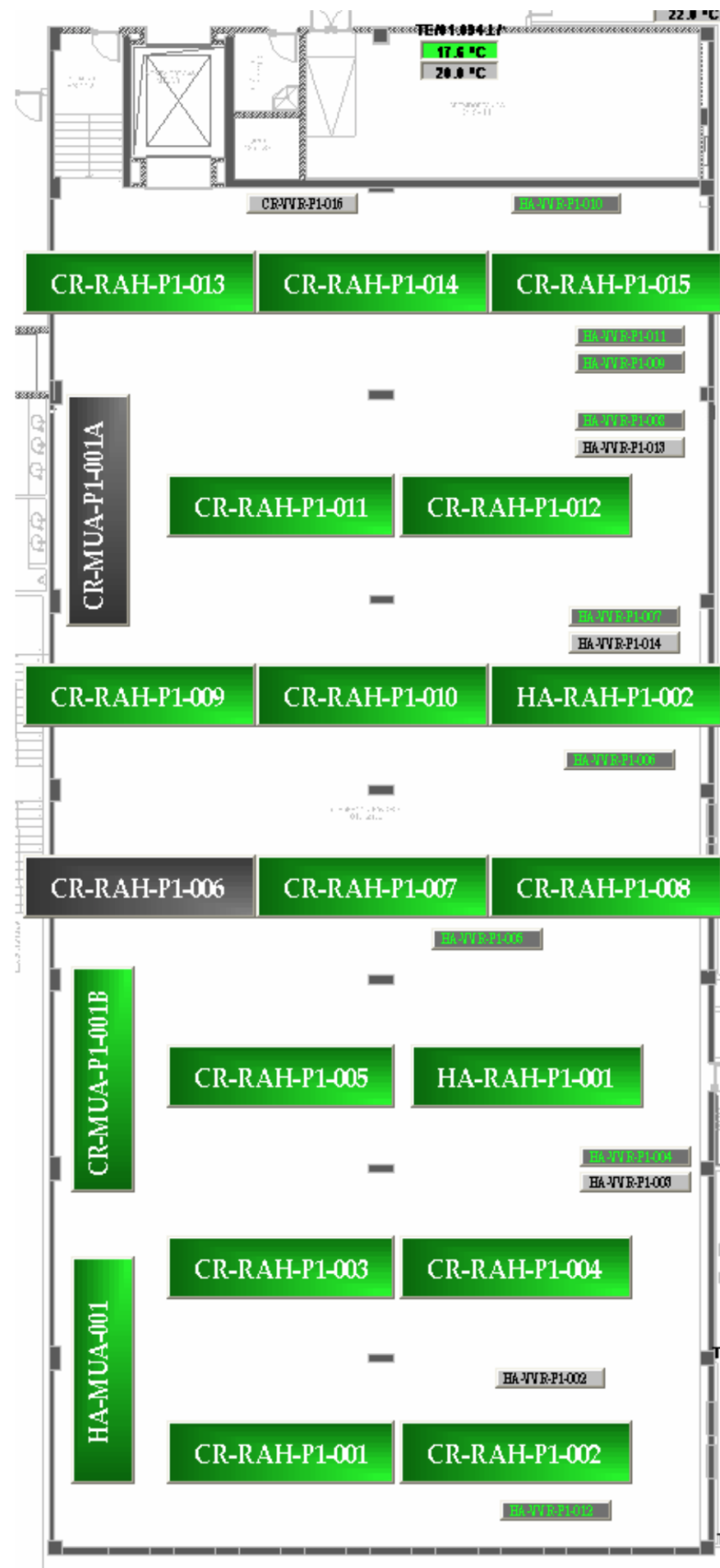
5.4	Oven Memmert						X
5.5	Manual Coater + Hotplate 300mm				X	X	X
5.6	TMAH / KOH Si Etch	X		X	X	X	X
5.7	Wet bench 1 - Resist Strip Process	X		X	X	X	X
5.8	Wet bench 2 - Lift-off Process	X		X	X	X	X
5.9	Wet bench 3 - HF / Etching Process	X		X	X	X	X
5.10	Wet bench 4 - Clean Process	X		X	X	X	X
5.11	Fume Hood 5 - Wet bay	X		X	X	X	X
5.12	Chemical Mechanical PLANarization			?	?	?	?
6.	Photolithography						
6.1	Direct write laser lithography			?	X	X	
6.2	Mask aligner			X	X	X	X
6.3	Optical Photoresist Track	X		X	X	X	X
6.4	E-beam Photoresist Track	X		X	X	X	X
6.5	Vapor Prime			X	X		X
6.6	Optical Microscope - Manual						
6.7	Optical Microscope - Motorized						
7.	Nanolithography						
7.1	E-beam lithography			X	X		?
7.2	HRSEM metrology		X	X	X		X

Anexo E: Consumo por PT

PT	Cost	KW	Equipamentos e Espaços
1	442.629,37 €	2713704	
			<i>Cleanroom</i>
			<i>UTA</i>
			<i>Extraction Fans</i>
			<i>High Accuracy</i>
			<i>Various</i>
2	172.753,89 €	1059132	
			<i>Wet & Dry Labs</i>
			<i>UTA</i>
			<i>Extraction Fans</i>
			<i>Offices & Openspaces</i>
			<i>Various</i>
3	48.920,94 €	299928	
			<i>Wet & Dry Labs</i>
			<i>UTA</i>
			<i>Extraction Fans</i>
			<i>Offices & Openspaces</i>
			<i>Various</i>
4	37.836,71 €	231972	
			<i>Safety Equipment</i>
			<i>Kitchen & Cafeteria</i>
			<i>Rooms</i>
			<i>Offices & Openspaces</i>
			<i>Various</i>
5	297.859,10 €	1826136	
			<i>Chillers</i>
			<i>Compressed Air</i>
			<i>Vacuum Pump</i>
			<i>Water Pumps</i>
			<i>Ultrapure Water – production room</i>
			<i>Cooling Water – production room</i>

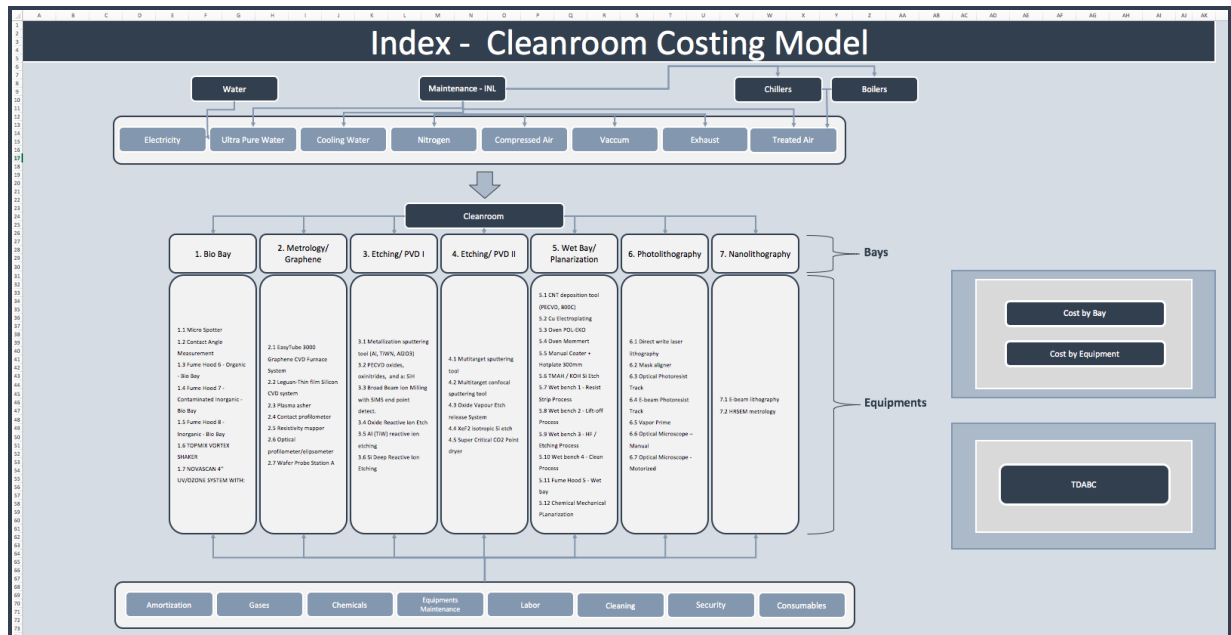
			<i>Boilers</i>
			<i>Various</i>

Anexo F: Esquema de UTA e UTAN da *Cleanroom*



Anexo G: Modelo *Cleanroom*

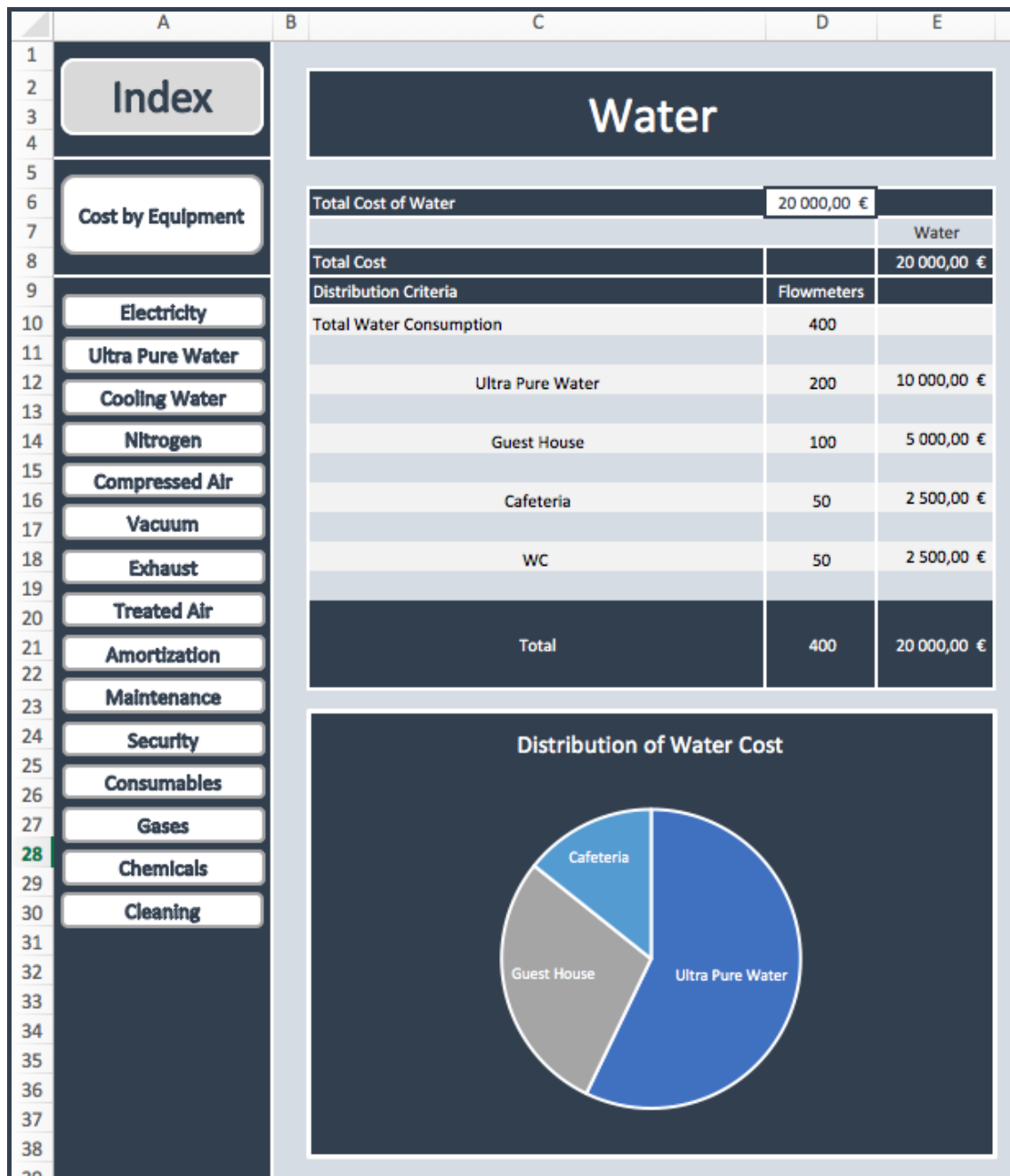
(1) Página Inicial



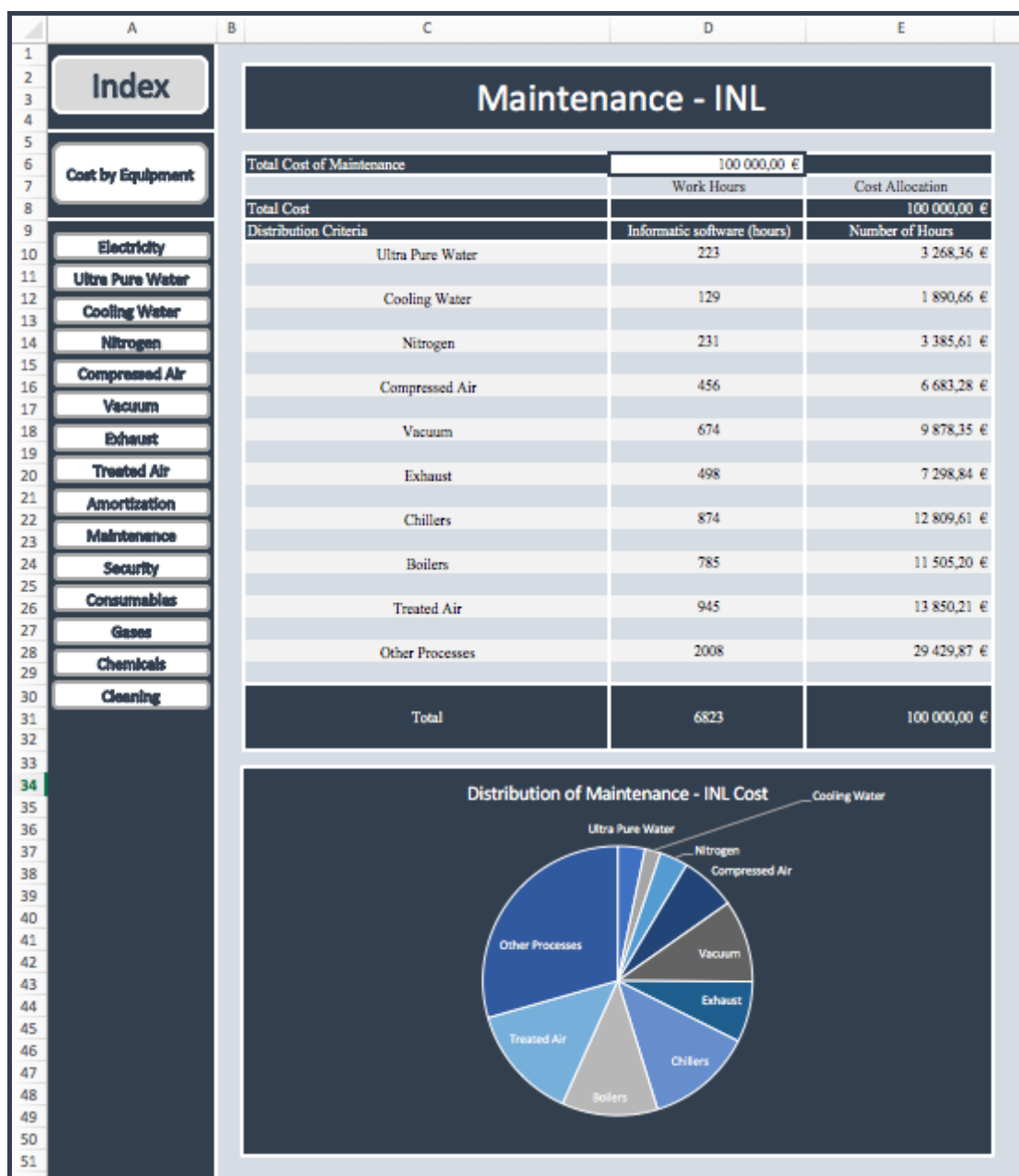
(2) Eletricidade por equipamento

Index						
Cost by Equipment						
Electricity						
Total Cost of Electricity						
		114 176,25 €				
Total Cost		Power (kW)	Operating Time (h)	Total Power (kWh)	Distribution Key	Cost of Electricity by Equipment/Bay
1. Bio Bay					0,01	114 176,25 €
1.1	Micro Spotter	0,1	270	27	0,00	17,16 €
1.2	Contact Angle Measurement	0,1	400	40	0,00	25,43 €
1.3	Fume Hood 6 - Organic - Bio Bay	0,1	654	65,4	0,00	41,57 €
1.4	Fume Hood 7 - Contaminated Inorganic - Bio Bay	0,1	343	34,3	0,00	21,80 €
1.5	Fume Hood 8 - Inorganic - Bio Bay	0,1	32	3,2	0,00	2,03 €
1.6	TOPMIX VORTEX SHAKER	0,7	121	84,7	0,00	53,84 €
1.7	NOVASCAN 4" UV/OZONE SYSTEM WITH:	1,8	435	783	0,00	497,73 €
2. Metrology/ Graphene					0,12	13 812,78 €
2.1	EasyTube 3000 Graphene CVD Furnace System	21,5	657	14 125,5	0,08	8 979,10 €
2.2	Leguan-Thin film Silicon CVD system	4,4	678	2 983,2	0,02	1 896,32 €
2.3	Plasma asher	3,45	889	3 067,05	0,02	1 949,62 €
2.4	Contact profilometer	3,45	97	334,65	0,00	212,73 €
2.5	Resistivity mapper	0,5	656	328	0,00	208,50 €
2.6	Optical profilometer/ellipsometer	0,5	1 000	500	0,00	317,83 €
2.7	Wafer Probe Station A	0,69	567	391,23	0,00	248,69 €
3. Etching/ PVD I					0,38	43 025,93 €
3.1	Metallization sputtering tool (Al, TiW, Al2O3)	40	100	4 000	0,02	2 542,66 €
3.2	PECVD oxides, oxinitrides, and a: SiH	32	45	1 440	0,01	915,36 €
3.3	Broad Beam Ion Milling with SIMS end point detect.	12,8	453	5 798,4	0,03	3 685,84 €
3.4	Oxide Reactive Ion Etch	32	543	17 376	0,10	11 045,33 €
3.5	Al (TiW) reactive ion etching	32	767	24 544	0,14	15 601,78 €
3.6	Si Deep Reactive Ion Etching	32	454	14 528	0,08	9 234,95 €
4. Etching/ PVD II					0,25	28 113,20 €
4.1	Multitarget sputtering tool	40	457	18 280	0,10	11 619,97 €
4.2	Multitarget confocal sputtering tool	24	856	20 544	0,11	13 059,12 €
4.3	Oxide Vapour Etch release System	5,543	453	2 510,979	0,01	1 596,14 €
4.4	XeF2 Isotropic Si etch	1,2	767	920,4	0,01	585,07 €
4.5	Super Critical CO2 Point dryer	3	657	1 971	0,01	1 252,90 €
5. Wet Bay/ Planarization					0,12	13 884,64 €
5.1	CNT deposition tool (PECVD, WOC)	12	567	6 804	0,04	4 325,07 €
5.2	Cu Electroplating	6	656	3 936	0,02	2 501,98 €

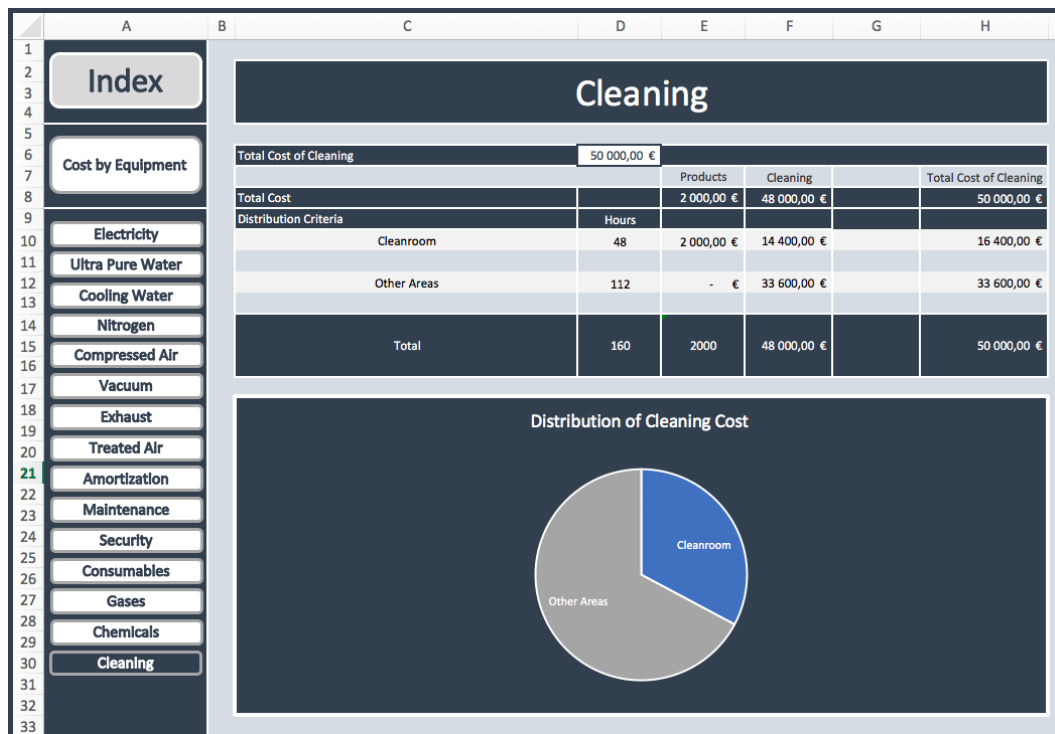
(3) Água



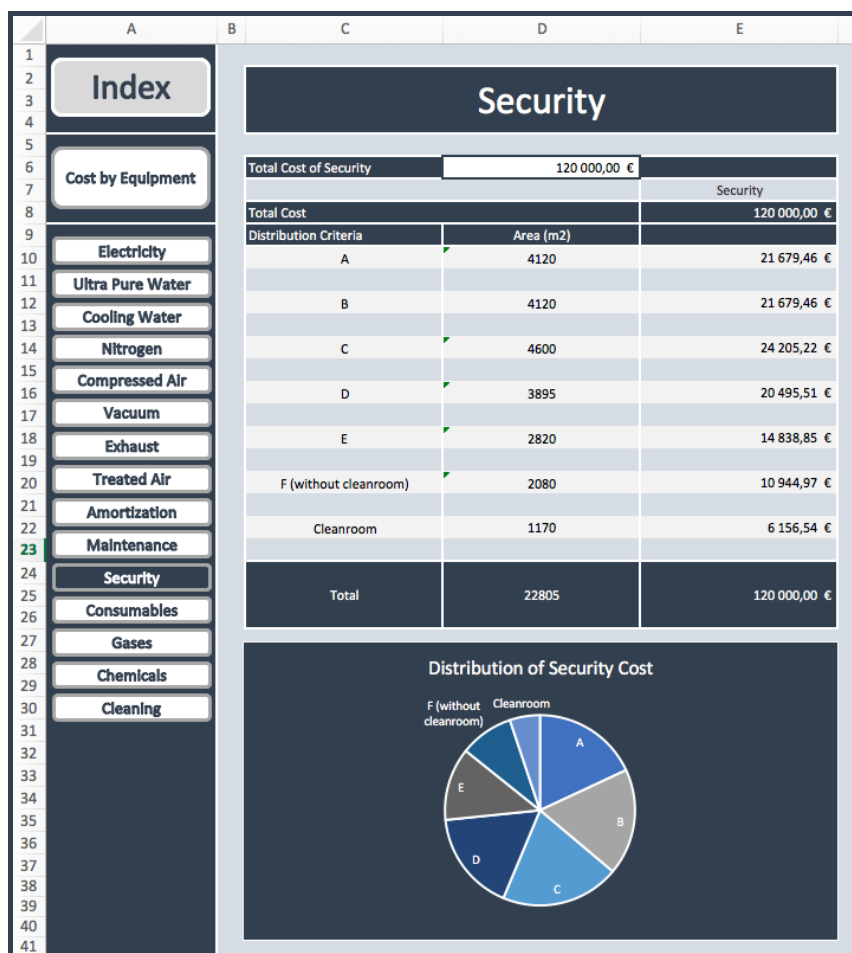
(4) Manutenção – INL



(5) Limpeza



(6) Segurança



(7) Amortização dos Equipamentos

Amortization of Equipment										
Total Cost of Amortization of Equipment				1 385 147,20 €						
		Cost	Lifespan (years)	Annual Amortization (Equipment)	Insurance	Annual Amortization (Cleanroom)	TOTAL of Amortization			
1.	Bio Bay	133 532,00 €		13 353,20 €	60,09 €	1 115,01 €	14 468,21 €			
1.1	Micro Spotter	65 000,00 €	10	6 500,00 €	29,25 €	542,76 €	7 042,76 €			
1.2	Contact Angle Measurement	36 500,00 €	10	3 650,00 €	16,43 €	304,78 €	3 954,78 €			
1.3	Fume Hood 6 - Organic - Bio Bay	8 500,00 €	10	850,00 €	3,83 €	70,98 €	920,98 €			
1.4	Fume Hood 7 - Contaminated Inorganic - Bio Bay	9 100,00 €	10	910,00 €	4,10 €	75,99 €	985,99 €			
1.5	Fume Hood 8 - Inorganic - Bio Bay	9 300,00 €	10	930,00 €	4,19 €	77,66 €	1 007,66 €			
1.6	TORMEX VORTEX SHAKER	132,00 €	10	13,20 €	0,06 €	1,10 €	14,30 €			
1.7	NOVASCAN 4" UV/OZONE SYSTEM WITH:	5 000,00 €	10	500,00 €	2,25 €	41,75 €	541,75 €			
2.	Metrology Graphene	740 000,00 €		74 000,00 €	333,00 €	6 179,07 €	80 179,07 €			
2.1	EasyTube 3000 Graphene CVD Furnace System	215 000,00 €	10	21 500,00 €	96,75 €	1 795,27 €	23 295,27 €			
2.2	Leguan-Thin film Silicon CVD system	200 000,00 €	10	20 000,00 €	90,00 €	1 670,03 €	21 670,03 €			
2.3	Plasma asher	86 000,00 €	10	8 600,00 €	38,70 €	718,11 €	9 318,11 €			
2.4	Contact profilometer	90 000,00 €	10	9 000,00 €	40,50 €	751,51 €	9 751,51 €			
2.5	Resistivity mapper	38 500,00 €	10	3 850,00 €	17,33 €	321,48 €	4 171,48 €			
2.6	Optical profilometer/ellipsometer	75 500,00 €	10	7 550,00 €	33,98 €	630,43 €	8 180,43 €			
2.7	Wafer Probe Station A	35 000,00 €	10	3 500,00 €	15,75 €	292,25 €	3 792,25 €			
3.	Etching/ PVD I	3 152 000,00 €		315 250,00 €	1 418,63 €	26 323,68 €	341 573,68 €			
3.1	Metallization sputtering tool (AL, TiW, Al2O3)	1 000 000,00 €	10	100 000,00 €	450,00 €	8 350,10 €	108 350,10 €			
3.2	PECVD oxides, oxinitrides, and a: SiH	302 500,00 €	10	30 250,00 €	136,13 €	2 525,90 €	32 775,90 €			
3.3	Broad Beam Ion Milling with SIMS end point detect.	600 000,00 €	10	60 000,00 €	270,00 €	5 010,06 €	65 010,06 €			
3.4	Oxide Reactive Ion Etch	400 000,00 €	10	40 000,00 €	180,00 €	3 340,04 €	43 340,04 €			
3.5	Al (TiW) reactive ion etching	400 000,00 €	10	40 000,00 €	180,00 €	3 340,04 €	43 340,04 €			
3.6	Si Deep Reactive Ion Etching	450 000,00 €	10	45 000,00 €	202,50 €	3 757,54 €	48 757,54 €			
4.	Etching/ PVD II	3 636 000,00 €		363 600,00 €	1 636,20 €	30 360,95 €	393 960,95 €			
4.1	Multitarget sputtering tool	2 700 000,00 €	10	270 000,00 €	1 215,00 €	22 545,26 €	292 545,26 €			
4.2	Multitarget confocal sputtering tool	500 000,00 €	10	50 000,00 €	225,00 €	4 175,05 €	54 175,05 €			
4.3	Oxide Vapour Etch release System	120 000,00 €	10	12 000,00 €	54,00 €	1 002,01 €	13 002,01 €			

(8) Consumíveis

Consumables			
Total Cost of Consumables		3 600,00 €	
		Annual Cost	
Total Cost		3 600,00 €	
Distribution Criteria			
Boots		300,00 €	
Gloves		700,00 €	
Hoods		1 200,00 €	
Masks		400,00 €	
Suits		1 000,00 €	
Total		3 600,00 €	

(9) Gases

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														

(10) Químicos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														

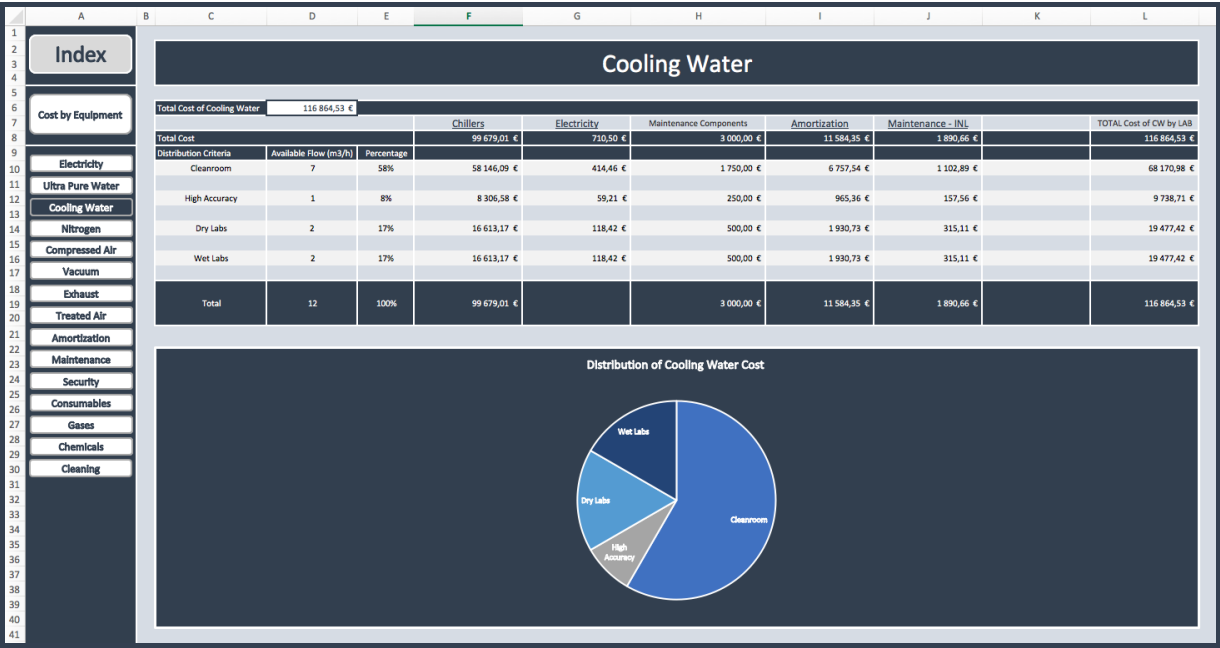
(11) Mão-de-Obra

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											

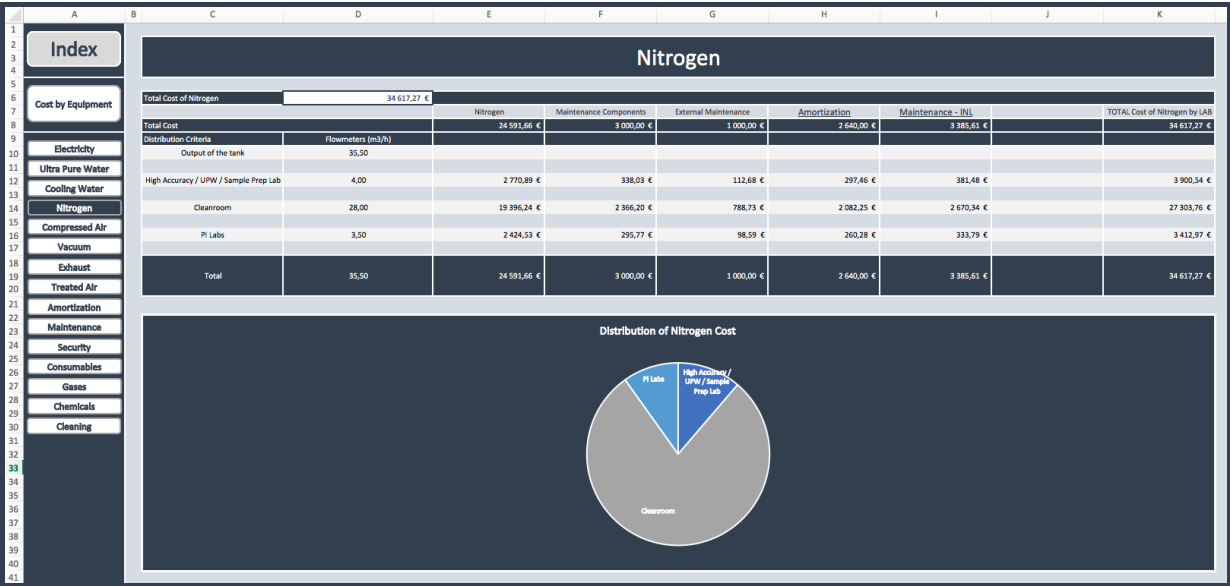
(12) Água ultrapura

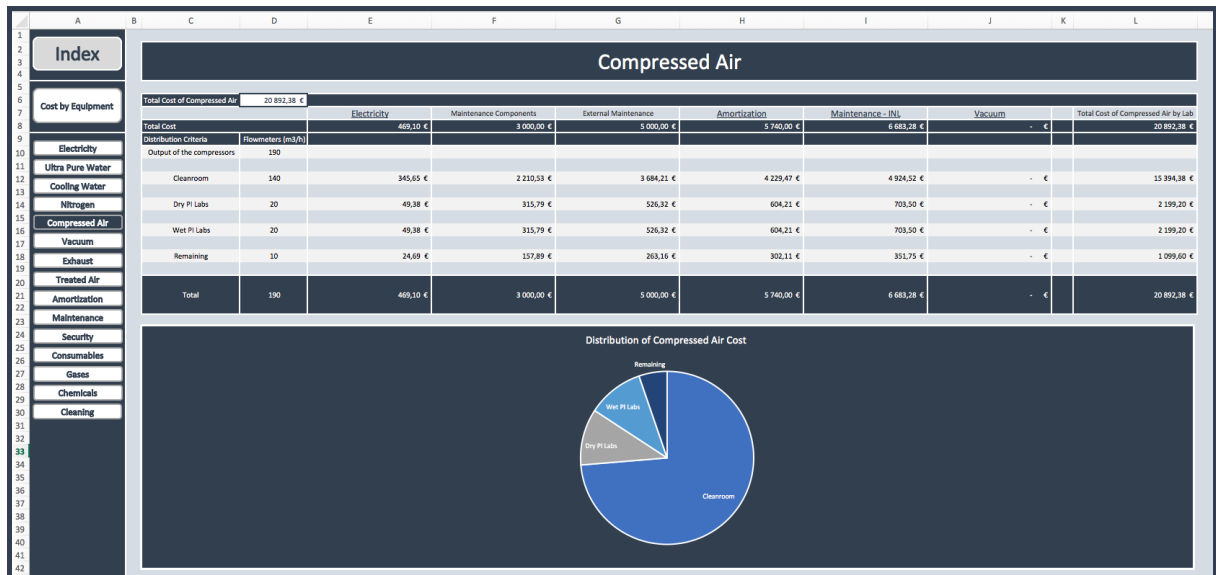
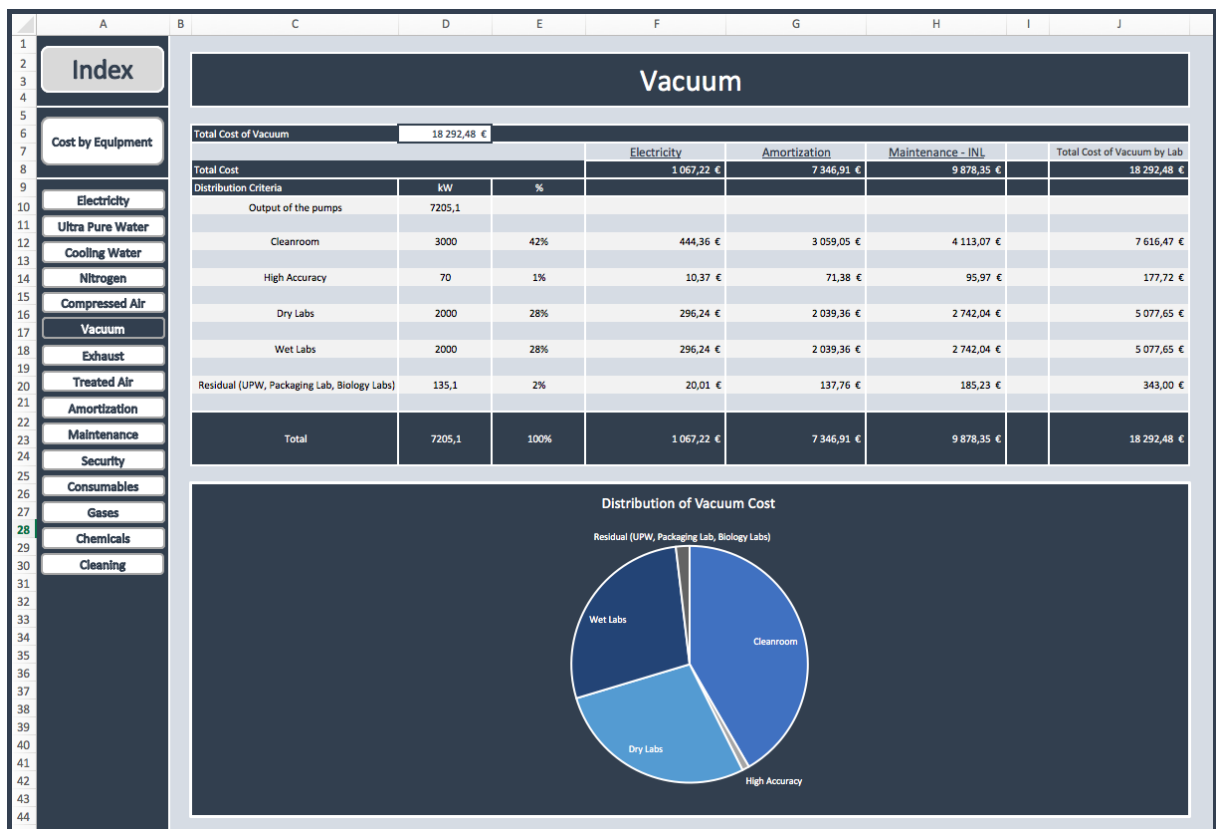
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															

(13) Cooling Water



(14) Azoto



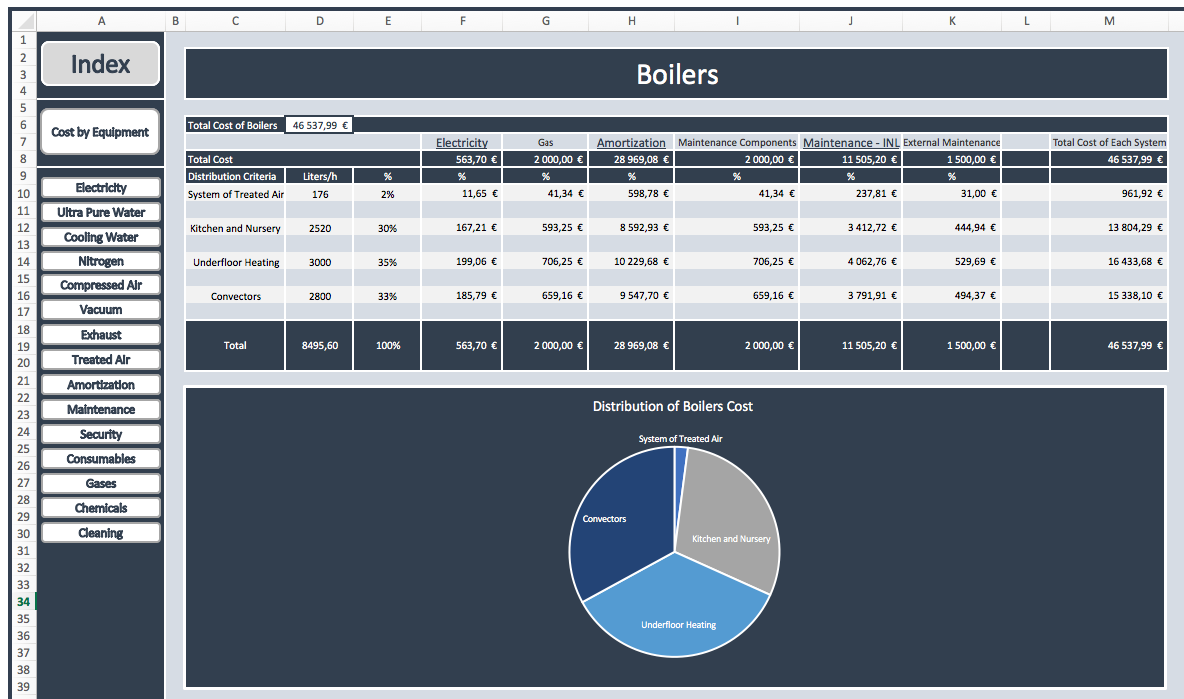
(15) *Ar Comprimido*(16) *Vácuo*

(18) *Ar Tratado*

(19) *Chillers*

72

(20) Caldeiras



(21) Resultados – “Cost by Equipment”

Index	Cost by Equipment	Total Cost	Electricity	Ultra Pure Water	Cooling Water	Nitrogen	Compressed Air	Vacuum	Exhaust
1. Bio Bay		131 312,24 €	659,57 €	4 072,67 €	- €	2 824,53 €	1 443,22 €	1 428,09 €	16 446,30 €
1.1 Micro Spotter		18 991,47 €	17,16 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.2 Contact Angle Measurement		17 416,01 €	25,43 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.3 Fume Hood 6 - Organic - Bio Bay		26 088,17 €	41,57 €	1 357,56 €	- €	941,51 €	481,07 €	476,03 €	5 482,10 €
1.4 Fume Hood 7 - Contaminated Inorganic - Bio Bay		22 504,35 €	21,80 €	1 357,56 €	- €	941,51 €	481,07 €	476,03 €	5 482,10 €
1.5 Fume Hood 8 - Inorganic - Bio Bay		21 210,99 €	2,03 €	1 357,56 €	- €	941,51 €	481,07 €	476,03 €	5 482,10 €
1.6 TOPMIX VORTEX SHAKER		10 231,69 €	53,84 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.7 NOVASCAN 4" UV/OZONE SYSTEM WITH:		14 869,55 €	497,73 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2. Metrology/ Graphene		215 534,30 €	13 812,78 €	- €	- €	941,51 €	962,15 €	952,06 €	16 446,30 €
2.1 EasyTube 3000 Graphene CVD Furnace System		51 803,44 €	8 979,10 €	- €	- €	- €	- €	- €	5 482,10 €
2.2 Leguan-Thin film Silicon CVD system		52 933,73 €	1 896,32 €	- €	- €	- €	- €	- €	5 482,10 €
2.3 Plasma asher		35 766,47 €	1 949,62 €	- €	- €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
2.4 Contact profilometer		16 976,93 €	212,73 €	- €	- €	- €	481,07 €	476,03 €	- €
2.5 Resistivity mapper		17 411,88 €	208,50 €	- €	- €	- €	- €	476,03 €	- €
2.6 Optical profilometer/elipsometer		25 085,23 €	317,83 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.7 Wafer Probe Station A		15 550,63 €	248,69 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
3. Etching/ PVD I		618 156,86 €	43 025,93 €	- €	34 085,49 €	5 649,05 €	2 886,45 €	- €	32 892,60 €
3.1 Metallization sputtering tool (Al, TiW, Al2O3)		144 691,03 €	2 542,66 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
3.2 PECVD oxides, oxinitrides, and a: SiH		86 819,70 €	915,36 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
3.3 Broad Beam Ion Milling with SIMS end point detect.		100 810,34 €	3 685,84 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
3.4 Oxide Reactive Ion Etch		92 382,90 €	11 045,33 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
3.5 Al (TiW) reactive ion etching		107 686,68 €	15 601,78 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
3.6 Si Deep Reactive Ion Etching		85 766,21 €	9 234,95 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
4. Etching/ PVD II		619 878,07 €	28 113,20 €	- €	17 042,74 €	4 707,54 €	2 405,37 €	- €	21 928,40 €
4.1 Multitarget sputtering tool		361 631,27 €	11 619,97 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
4.2 Multitarget confocal sputtering tool		149 433,07 €	13 059,12 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €
4.3 Oxide Vapour Etch release System		38 594,47 €	1 596,14 €	- €	5 680,91 €	941,51 €	481,07 €	- €	5 482,10 €

Anexo H: Tabela distribuição UTA por baía

		Gowning	Bio Bay	Metrology/ Graphene	Etching/ PVD I	Etching/ PVD II	Wet Bay/ Planarization	Photolithograph ^v	Nanolithography
UTA	UTA /UTAN								
	CR-RAH-P1-001								X
	CR-RAH-P1-002								X
	CR-RAH-P1-003							X	
	CR-RAH-P1-004							X	
	CR-RAH-P1-005						X		
	CR-RAH-P1-006								
	CR-RAH-P1-007					X			
	CR-RAH-P1-008		X						
	CR-RAH-P1-009				X				
	CR-RAH-P1-010		X						
	CR-RAH-P1-011			X					
	CR-RAH-P1-012			X					
	CR-RAH-P1-013		X						
	CR-RAH-P1-014	X							
	CR-RAH-P1-015		X						
UTAN	HA-MUA-P1-001								X
	CR-MUA-P1-01B	X	X	X	X	X	X	X	

Anexo I: Colaboradores por departamento

Departamento	Unidade	Número de Colaboradores
<i>Direction General</i>	DG	2
	COO	0
	DDG	2
	QSM	2
	CC&M	4
<i>Site Manager</i>	HESM	0
	ICS	3
	ES&CM	3
	M&I	4
<i>Direction Administrative</i>	HR	4
	Finance	4
	P&L	2
	LS	2
<i>Business & Strategic Relations</i>	BSR	7

Anexo J: Modelo dos centros auxiliares

(1) Página de departamento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Departments
Direction General
Site Manager
Direct. Administ.
B&S Relations

Direction General

Direction General Units

COO

DDG

QSM

CC&M

Total Cost of the Direction General Units

Initials	Description	Cost	Efficiency Rate
COO	Chief Operation Officer	25 837,45 €	87%
DDG	Deputy Director General	26 978,69 €	56%
QSM	Quality Systems Management	47 227,80 €	71%
CC&M	Corporate Communication & Marketing Manager	98 131,97 €	55%
TOTAL COST		198 175,92 €	

Developed by J. Moreira
for INL

(2) Página de unidade

COO - Chief Operation Officer				
Total Cost of Chief Operation Officer 25 837,45 € /year				
Number of people who works in this department 2				
Total work Time 3520 hours 211200 minutes				
Capacity Cost Rate 7,34 € per hour 0,12 € per minute				
Activity Description	Time to do the Activity (t) - minutes	Quantity (x)	Process Time - minutes	Cost of the Activity per year
1.	200	40	20100	147 537,74 €
1.1	345	30		
1.2	70	25		
2.	400	70	28000	205 525,20 €
2.1	70			
3.	20	4	80	587,21 €
3.1				
3.2				
3.3				
4.	200	56	11200	82 210,08 €
4.1				
4.2				
5.	500	70	35000	254 906,50 € This is the biggest cost of this Department
5.1				
5.2				
6.	1000	8	8000	58 721,49 €
6.1				
7.	300	97	29100	213 589,41 €
7.1				
8.	400	50	30000	220 205,58 €
8.1				
8.2				
9.	400	40	16000	117 442,97 €
9.1				
10.	43	34	1462	10 731,35 €
11.	20	5	100	734,02 €
12.	30	47	2010	14 793,77 €
13.	20	89	1780	13 065,53 €
Work Real Time (minutes)			183832	
Work Real Time (hours)			3063,87	
Non-Productive Hours	472,8			Cost of Non-Productive Hours (per year) 3 470,44 €
				Percentage of Non-Productive Hours 1,9%
				Efficiency Rate 87%

