



• U C •

FEUC FACULDADE DE ECONOMIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Joana Margarida Vieira de Almeida

# Mecanismos de leilão para alocação de subsídios de I&D

Dissertação de Mestrado em Economia Industrial apresentada à Faculdade de Economia da  
Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre

Orientador: Professor Doutor Pedro Godinho

Coimbra, 2015



## **Agradecimentos**

Desde que iniciei este percurso, tive sempre presente que o mesmo não seria um caminho isento de obstáculos. Houve momentos de dúvida e incerteza que caminharam lado a lado com momentos de coragem, criatividade e perseverança.

Nesta nova e desafiante etapa académica tive o privilégio de contar com o apoio de inúmeras pessoas e é chegado o momento de lhes dirigir o meu profundo reconhecimento e gratidão.

Ao Professor Doutor Pedro Godinho, orientador do Trabalho de Projeto, agradeço o apoio, a partilha do saber e as valiosas contribuições para o trabalho. As suas críticas construtivas e as reflexões foram fundamentais para a prossecução da investigação.

Ao Professor Carlos Nogueira, o meu especial agradecimento pela disponibilidade total para leitura e aconselhamento na elaboração deste relatório.

A todos os meus colegas de turma, que me acolheram na Universidade de Coimbra e que me acompanharam nesta grande etapa da minha vida, agradeço a partilha de ideias e a disposição em colaborar, sempre que foi solicitada ajuda.

Às minhas colegas de casa por todo o apoio e incentivo, durante as longas horas de trabalho.

A todos os meus colegas da Covilhã agradeço por estarem sempre comigo, particularmente à Sónia Neves e Catarina Ribeiro pelo companheirismo e amizade durante estes cinco anos.

Aos meus restantes amigos e ao meu namorado, agradeço a amizade e companhia, mas especialmente a paciência que tiveram comigo ao longo destes meses e pela força e motivação nos momentos mais difíceis.

Finalmente, mas não menos importante, um agradecimento muito especial à minha família, por todo o apoio, paciência, amor e confiança. Agradeço-lhes por estarem sempre comigo e por me conseguirem proporcionar as melhores condições para terminar este percurso académico.

## **Abstrat**

The investment in research and Development (R&D) is increasingly important for the growth of an economy based on innovation and knowledge. Therefore, it is important that companies invest in R&D activities, making economies more competitive but, in order to achieve that, it is also necessary that the government supports these companies through financial and tax incentives. The Government also has an important concern with financing incentives on R&D to research centers, often linked to universities.

So that these incentives are distributed in a socially favorable way, there must be an efficient mechanism of distribution that points towards maximizing social benefits. In this work we investigate the use of the auction mechanism in the allocation of R&D subsidies, which has been recommended by several authors. In this sense we will use two distinct auction mechanisms, as well as the traditional mechanism which takes into account only the quality of the projects.

This analysis will be performed using Monte Carlo simulations of the social benefit obtained applied to various allocation formats. In the simulations we will use different distributions for the quality of the projects, and we will also consider the case in which it is impossible to observe the exact quality of the project.

**Keywords:** Auctions, R&D subsidies, Social Welfare

**JEL classification:** D 44, D45, D82

## **Resumo**

O investimento em Investigação e Desenvolvimento (I&D) é cada vez mais importante para o crescimento de uma economia baseada na inovação e no conhecimento. Neste sentido, é importante que as empresas invistam em atividades de I&D, tornando as economias mais competitivas mas, para que isso aconteça, também é necessário que o estado dê apoio a estas empresas através de incentivos financeiros e fiscais. O Estado tem também como importante preocupação os incentivos de financiamento a I&D aos centros de investigação, muitas vezes ligados às Universidades.

Para que estes incentivos sejam distribuídos de uma forma socialmente favorável, é necessário que haja um mecanismo eficiente de distribuição e que este aponte no sentido da maximização do benefício social. Neste trabalho vamos investigar a utilização de mecanismo de leilão na alocação de subsídios de I&D, que tem vindo a ser recomendado por vários autores. Neste sentido iremos utilizar dois mecanismos de leilão distintos, para além do mecanismo tradicional, que tem em conta apenas a qualidade dos projetos.

Esta análise será efetuada recorrendo a simulações de Monte Carlo do benefício social obtido, para várias formatos de alocações. Nas simulações iremos utilizar diversas distribuições para a qualidade dos projetos; e vamos ainda considerar o caso em que não é possível observar a qualidade exata dos projetos.

**Palavras-chave:** Leilões, Subsídios a I&D, Bem-estar social

**Classificação JEL:** D44, D45, D82

## Lista de siglas

DA- Leilão decrescente

DD- Distribuição discreta

DN- Distribuição normal

DT- Distribuição triangular

DU- Distribuição uniforme

FB – *First best*

ID- Índice de desempenho

I&D- Investigação e Desenvolvimento

PR – Preço de reserva

QREN- Quadro de Referência Estratégico Nacional

SIFIDE- Sistema Português de Incentivos Fiscais à Investigação e Desenvolvimento Empresarial

SQ - *Satus quo*

## Índice

<b>CAPÍTULO I- Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II- Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO III- Mecanismo de leilão para a alocação de subsídios em I&amp;D .....</b>	<b>6</b>
3.1 Mecanismo “Status quo” .....	7
3.2 Mecanismo “First best” .....	8
3.3 Leilão “Aberto decrescente” de Ensthaler e Giebe (2014).....	8
3.4 Leilão “Aberto decrescente” de Giebe, Grebe e Wolfstetter (2006) .....	9
<b>CAPÍTULO IV- Análise dos mecanismos de leilão .....</b>	<b>10</b>
4.1 Simulação com alguns pressupostos encontrados na literatura.....	12
4.2 Simulações com pressupostos alternativos.....	14
4.2.1. Distribuição Uniforme .....	16
4.2.2. Distribuição Normal.....	19
4.2.3 Distribuição triangular .....	22
<b>CAPÍTULO V- Discussão dos resultados .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO VI- Conclusões .....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO VII- Referências bibliográficas .....</b>	<b>29</b>

## Índice de quadros

Quadro 1- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição discreta da qualidade dos projetos e alguns pressupostos encontrados na literatura. ....	13
Quadro 2- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição uniforme e o termo de erro na qualidade dos projetos. ....	16
Quadro 3- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição uniforme e não se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos. ....	17
Quadro 4- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição normal e o termo de erro na qualidade dos projetos. ....	20
Quadro 5- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição normal e não se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos. ....	20
Quadro 6 - Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição triangular e o termo de erro para a qualidade dos projetos.....	23
Quadro 7- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição triangular e não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos. ....	23
Quadro 8 - Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados os novos pressupostos, considerando um termo de erro.....	26
Quadro 9- Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados os nossos pressupostos sem considerar um termo de erro.....	27
Quadro 10- Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados pressupostos encontrados na literatura. ....	27

## CAPÍTULO I- Introdução

Na atualidade, os investimentos globais em I&D são indicadores determinantes da capacidade que um país tem em construir uma economia baseada na inovação e no conhecimento. Segundo o Innovation Union Scoreboard<sup>1</sup>, em 2014, Portugal encontra-se no grupo dos países "inovadores moderados", a par com a Espanha e com a Itália, entre outros, com um desempenho abaixo da média da União Europeia. Para se poder tornar numa economia mais forte a nível da inovação e conhecimento, tem de se centrar num aumento de investimento privado em I&D.

Nos últimos anos, verifica-se uma pressão política forte ao nível da União Europeia e de cada Estado Membro para estimular o investimento em atividades de I&D, em particular a I&D empresarial. Por este motivo, o investimento em I&D tem vindo a ganhar uma maior importância nas políticas públicas. Deste modo, o Governo Português tem vindo a reforçar os incentivos financeiros e fiscais, através do quadro “Estratégia de Lisboa”, em 2000, e, mais recentemente, com a estratégia “Europa 2020”, para convencer as empresas a aumentar o investimento em I&D e, assim, acelerar o seu processo tecnológico, aumentar a competitividade nacional, bem como o crescimento económico a longo prazo.

O Governo tem também como importante preocupação o financiamento à I&D desenvolvida por centros de investigação, muitas vezes ligados às Universidades. Estes financiamentos são maioritariamente provenientes das transferências de verbas inscritas anualmente no Orçamento de Estado.

As informações disponíveis sobre o montante global do financiamento público em Portugal, ao longo dos anos, são reduzidas mas, conforme a informação disponível através da OCDE, é possível constatar que, a partir de 2005, em Portugal, existe uma forte tendência para o aumento do incentivo público à I&D. Possivelmente, este facto deve-se

---

<sup>1</sup> Fornece uma avaliação comparativa do desempenho dos Estados-Membros da UE e os pontos fortes e fracos dos seus sistemas de investigação e inovação.

à implementação do QREN<sup>2</sup> e ao melhoramento do SIFIDE<sup>3</sup>.

Existem duas formas principais de apoio público a I&D: o financiamento direto e o financiamento indireto (Guellec e Van Pottelsberghe, 1997). Neste trabalho vamos apenas destacar o financiamento direto através de subsídios. O financiamento direto implica verbas previamente orçamentadas, sendo o apoio determinado antes da realização das atividades de I&D, normalmente em função do resultado de concursos públicos, aos quais os interessados se candidatam. Há várias perspetivas relativamente à forma como o financiamento aos projetos em I&D deve ser atribuída. Em geral, considera-se que os subsídios devem ser atribuídos de forma a contribuir, o mais possível, para o bem-estar global da sociedade. Mas a simples definição deste objetivo não resolve alguns problemas. Um destes problemas é o alto risco, associado às atividades de inovação, que pode desmotivar as empresas a investirem em I&D; este aspeto afeta, principalmente, as pequenas empresas.

Presentemente, a literatura tem recomendado o uso do mecanismo de leilão para a melhor alocação de subsídios, em vez dos mecanismos tradicionais, de modo a reduzir as rendas de informação, melhorar a eficiência da distribuição dos subsídios a I&D, e maximizar o benefício social.

O principal objetivo do presente trabalho é realizar a comparação de algumas formas de alocação de subsídios a I&D, analisar e comparar os seus resultados de forma a perceber qual o mecanismo mais eficiente e que mais contribui para o benefício social. Na análise das diferentes formas de alocação de subsídios a I&D, iremos estudar mais detalhadamente as questões práticas decorrentes da utilização do mecanismo de leilão, com o objectivo de haver uma selecção de projectos com base no grau da qualidade esperada e com base nas vantagens sociais obtidas através do projecto (benefício social). Por fim, pretendemos usar pressupostos realistas na análise a efectuar neste trabalho, uma vez que outras análises encontradas na literatura assumem pressupostos que consideramos irrealistas, nomeadamente o pressuposto de que existe um número

---

<sup>2</sup> O Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) constitui o enquadramento para a aplicação da política comunitária de coesão económica e social em Portugal.

<sup>3</sup> O Sistema Português de Incentivos Fiscais à Investigação e Desenvolvimento Empresarial (SIFIDE) tem como objetivo a concessão de incentivos fiscais às atividades de I&D empresarial como forma de apoio às empresas que queiram intensificar os seus investimentos em investigação e desenvolvimento.

pequeno de níveis de qualidade dos projetos, que a avaliação identifica exatamente a qualidade do projeto e que existe uma relação funcional simples entre a qualidade do projeto e o seu benefício social.

A presente dissertação é estruturada da seguinte forma: o próximo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica; no capítulo seguinte apresentamos os diferentes mecanismos de leilão; de seguida, iremos descrever o processo usado nos testes, bem como efetuar as várias simulações e comparar os mecanismos; por fim, apresentamos a conclusão desta dissertação e as suas limitações.

## **CAPÍTULO II- Revisão Bibliográfica**

Este capítulo fornece uma visão geral dos vários estudos publicados que refletem diferentes abordagens aos mecanismos para a alocação de subsídios a I&D.

Existem várias formas de alocação de subsídios a I&D. Tradicionalmente, os projetos são financiados com base nos seus níveis de qualidade. As empresas submetem as suas propostas para o financiamento e, de seguida, as propostas são avaliadas por um painel de especialistas e classificadas em termos de qualidade. Os primeiros projetos a serem selecionados para financiamento são os de maior qualidade. Se, após o financiamento dos projetos de maior qualidade ainda existir orçamento, são financiados os projetos com o nível de qualidade seguinte, e assim sucessivamente.

Como foi referido na introdução, é importante o papel do Estado na atribuição de subsídios a I&D, mas também é importante realçar o facto de alguns autores analisarem a forma como o financiamento, através dos subsídios, pode levar ao *crowding out* do investimento privado. Este efeito de *crowding out* corresponde a uma redução no investimento privado, sempre que o Estado aumenta a despesa pública. Alguns estudos, como o de Almus e Czarnitzki (2003), excluem *crowding out* total do investimento privado através de subsídios públicos. Estes têm em conta que as empresas alemãs orientais, que receberam subsídios públicos, aumentaram as suas atividades de inovação em cerca de quatro pontos percentuais. Outros autores chegam a conclusões diferentes, por exemplo Wallsten (2000) que não excluiu o *crowding out total*.

Na alocação de subsídios a I&D é também necessário ter em atenção que, provavelmente, alguns projetos recebem mais apoios financeiros do que realmente necessitam e que os projetos de alta qualidade nem sempre usam o seu financiamento da melhor forma, podendo haver projetos de menor qualidade a fazer um melhor uso dos seus recursos. Para resolver este problema, Becker et al. (2004) (*apud* Ensthaler e Giebe, 2014) e Giebe et al. (2006) recomendam definir taxas fixas de qualidade, onde cada taxa de qualidade está associada a um nível de benefício social. A qualidade de cada projeto é avaliada por uma equipa de especialistas com base no mérito científico e económico. Esta análise da qualidade dos projetos é uma análise da qualidade esperada, porque a qualidade real do projeto é incerta.

A solução que poderá ser mais benéfica para a alocação de subsídios em I&D é a utilização de um mecanismo em que o financiamento não esteja apenas relacionado com a qualidade dos projetos, mas também com a relação entre os benefícios sociais e o financiamento necessário. Becker et al. (2004) (*apud* Ensthaler e Giebe, 2014), realizou uma pesquisa em 389 empresas alemãs que tinham pedido subsídios, tendo concluído que a maior parte dos participantes são a favor dos leilões para a distribuição de subsídios em I&D, pois estes preferem quantidades reduzidas de financiamento em favor de uma maior probabilidade de financiamento.

Por forma a testar dois mecanismos de leilão, Giebe et al. (2006) realizou um procedimento experimental com 96 indivíduos, sendo estes alunos voluntários recrutados por anúncios em palestras. Foram realizadas oito sessões, quatro das sessões foram dedicadas a leilões fechados e as restantes a leilões abertos decrescentes. Cada sessão consistiu em duas sequências paralelas de cinco leilões, cada um com a participação de seis indivíduos. Depois de cada leilão, os indivíduos foram escolhidos aleatoriamente para um dos dois grupos e jogaram no próximo leilão. No fim de cada leilão, os indivíduos foram informados acerca dos seus rendimentos, mas não sabiam qual a alocação selecionada. Através do fornecimento destas informações, os participantes passaram por um processo de aprendizagem de leilão para leilão. Conclui-se, assim, que os resultados de cada sessão não são independentes. Através deste processo foram retiradas as seguintes conclusões: o leilão melhora a alocação e é quase eficiente, maiores lucros

privados e maior experiência levam a licitações mais agressivas.

Num contexto de utilização de leilões para a alocação de subsídios, o problema de financiamento pode, por vezes, ser modelado como um problema da mochila. O problema da mochila é também muito abordado na literatura: refere-se ao problema em que um comprador tem que selecionar um conjunto de itens de forma a maximizar a sua função de utilidade, sem ultrapassar o seu orçamento. Vamos considerar um comprador que tem um orçamento fixo para gastar em itens, tendo estes itens qualidades diferentes e um preço conhecido. Desta forma, o problema do comprador é conseguir selecionar o conjunto de itens que maximiza a sua função de utilidade sem ultrapassar o seu orçamento.

Giebe et al. (2006) discutem a forma de maximizar o bem-estar global. Tentando descobrir uma forma de alocação de subsídios mais eficiente, começam por corrigir duas características indesejáveis dos mecanismos de alocação: o financiamento dos projetos, tendo em conta apenas a qualidade e o facto de os mecanismos de alocação não induzirem o candidato à redução dos pedidos de financiamento, quando estes são superiores ao preço de reserva. Para tal, os autores propõem duas formas de leilão: leilão aberto decrescente e leilão fechado, procurando ambas encontrar a melhor das atribuições que são viáveis, ou seja, que podem ser financiadas com o orçamento dado. Iremos destacar o mecanismo de leilão aberto decrescente, uma vez que apenas este será utilizado no decorrer do trabalho. O mecanismo é realizado por rondas, sendo diminuído, em cada ronda, o montante pedido por cada vendedor. O valor da diminuição do montante pedido, por cada vendedor é fixo para todas as rondas e para todos os concorrentes. Em cada ronda o vendedor decide se aceita ou não baixar o montante pedido, sendo que, quando não aceita, não poderá mais baixar este montante. O leilão termina quando mais nenhum vendedor aceita baixar o montante pedido. Através deste leilão é possível reduzir o valor de financiamento dos vencedores, e permite que um projeto com qualidade inferior e com custos baixos possa competir com projetos com qualidade superior e custos superiores. Este mecanismo de leilão encontra-se detalhadamente explicado na secção 3.4, e será denotado ao longo do trabalho por mecanismo DA (2006).

Ensthaler e Giebe (2014) fazem uma revisão do mecanismo acima descrito, e consideram-no teoricamente difícil de tratar, a menos que se assuma que todos os vendedores estão dispostos a baixar o seu montante de financiamento pedido até ao seu preço de reserva. Deste modo, um teste ao mecanismo é, simultaneamente, um teste à estratégia assumida pelos vendedores. Assim, propõem um novo leilão que dá maior ênfase aos preços de reserva, em vez de dar ênfase aos preços pedidos, e que considera que, no mecanismo anteriormente descrito, nem todos os vendedores estarão dispostos a baixarem o seu financiamento pedido até ao preço de reserva. Este leilão é um leilão aberto decrescente de relógio, onde o relógio representa o preço por unidade de qualidade, e o respetivo valor vai decrescendo de ronda para ronda. O mecanismo deste leilão baseia-se no quociente entre o preço de reserva de cada concorrente e a sua qualidade; em seguida, começa a contagem decrescente da diminuição do quociente entre o preço de reserva e a qualidade de cada concorrente. Para os sucessivos valores fixados por este rácio, cada proponente decide se é do seu interesse manter-se no leilão, ou se o valor que está a ser oferecido é demasiado baixo e, por isso, se retira do leilão. Esta contagem termina quando a soma das propostas a serem financiadas não excede o orçamento. Este mecanismo, encontra-se detalhadamente explicado na secção 3.3, e será denotado ao longo do trabalho por mecanismo DA (2014).

### **CAPÍTULO III- Mecanismo de leilão para a alocação de subsídios em I&D**

Como o que foi referido anteriormente, existem vários mecanismos para a alocação de subsídios a I&D. Nos mais utilizados, a alocação dos subsídios a projetos é realizada exclusivamente através dos seus níveis de qualidade, em que primeiro são financiados os projetos de maior qualidade, em seguida, os de qualidade inferior, e assim sucessivamente. Esta seleção de projetos, com base na qualidade, poderá não ser a mais favorável, uma vez que não tem em conta que um projeto de alta qualidade pode inviabilizar o financiamento de vários projetos de qualidade inferior. Os projetos de menor qualidade, por sua vez, podem fazer uma melhor gestão dos recursos que lhe foram alocados. Geralmente, este tipo de alocação leva a um excesso de financiamento

dos projetos que são selecionados, uma vez que o preço de reserva dos proponentes é tipicamente menor que o valor de financiamento. Esta realidade deve-se ao facto do montante de financiamento ser definido de acordo com regras de elegibilidade de despesas. O facto de os projetos receberem mais financiamento do que o necessário leva a que projetos valiosos sejam excluídos.

Neste capítulo, iremos estudar várias formas de alocação de subsídios a I&D. Todos estes mecanismos de alocação têm como objetivo contribuir o mais possível para o benefício social. Em todas as diferentes formas de alocação que vão ser apresentadas, os concorrentes que querem o seu projeto financiado, deparam-se apenas com um comprador: o Estado. Estes mecanismos começam com os candidatos a apresentarem os seus projetos. Em seguida, estes são avaliados por uma equipa de especialistas com base no mérito científico e económico; no fim desta análise, os peritos atribuem uma classe de qualidade a cada projeto:  $q_i \geq 0$ . Nos artigos analisados, as simulações são realizadas apenas com três níveis de qualidade. Após cada projeto estar inserido na sua classe de qualidade, é iniciado o processo de seleção dos projetos.

Cada candidato tem um preço de reserva denotado por  $\theta_i \geq 0$ , ou seja, os respetivos proponentes não aceitam vender o seu projecto abaixo deste preço. De seguida, estes apresentam os seus pedidos de financameto  $b_i \geq 0$ , sendo estes maiores ou iguais que o seu preço de reserva,  $b_i \geq \theta_i$ .

### **3.1 Mecanismo “Status quo”**

O mecanismo “status quo” (SQ), descrito, por exemplo, por Ensthaler e Giebe (2014), é considerado pelos autores como o modelo tradicional, e dá ênfase à qualidade dos projetos para o seu financiamento. Como foi referido anteriormente, os vendedores deparam-se apenas com um comprador que tem fixo um orçamento para gastar com o financiamento destes projetos. A cada projeto concorrente é atribuído um nível de qualidade que, por sua vez, se encontra associado a um benefício social  $w_i \geq 0$ .

Visto que nos encontramos perante informação incompleta, o preço de reserva do concorrente é privado, apenas o montante de financiamento pedido é conhecido. Em seguida, a seleção dos projetos para financiamento, como referido anteriormente, é

baseada na qualidade dos projetos. Neste sentido, primeiro, são selecionados os projetos de maior qualidade, após estes serem todos selecionados, se ainda existir financiamento, são selecionados os projetos com qualidade inferior, e assim sucessivamente.

### **3.2 Mecanismo “First best”**

No mecanismo “First Best” (FB), tal como descrito por Ensthaler e Giebe (2014), existe informação perfeita, ou seja, o licitante conhece o preço de reserva de cada concorrente. A alocação obtida com este mecanismo é referida como ótimo social, uma vez que tem como objetivo maximizar o benefício total, sujeito à restrição orçamental. Na prática, este tipo de mecanismo não é praticável, mas é utilizado para aferir outros mecanismos.

Deste modo, as propostas para financiamento são classificadas de acordo com a sua qualidade. A qualidade de um projeto define o benefício social por ele proporcionado. Desta forma, é possível tratarmos projetos da mesma qualidade como substitutos perfeitos.

Este mecanismo dá maior ênfase ao preço de reserva do projeto e ao benefício social que estes podem proporcionar. Assim, cada proponente tem um preço de reserva para o seu projeto. Como nos encontramos perante um leilão com informação perfeita, estes preços de reserva são conhecidos pelo comprador. Desta forma, o comprador irá oferecer por cada projeto o preço de reserva. O problema do comprador é, assim, a maximização da sua função de utilidade (soma dos benefícios sociais obtidos pelos projetos a financiar), sem ultrapassar o seu orçamento. Assumindo que os vendedores irão estar dispostos a empreender os seus projetos se forem financiados no respetivo preço de reserva, este problema reduz-se ao problema da mochila, muito estudado em investigação operacional.

### **3.3 Leilão “Aberto decrescente” de Ensthaler e Giebe (2014)**

O leilão relógio aberto decrescente (DA), ao contrário do leilão tradicional, não dá apenas ênfase à qualidade do projeto, mas também ao preço de reserva dos

concorrentes. Como no mecanismo anterior, inicialmente, as propostas são classificadas de acordo com a sua qualidade. Por sua vez, a qualidade do projeto define o correspondente benefício social. Cada projecto concorrente tem um montante de financiamento pedido  $b_i$ , definido de acordo com o montante elegível, de modo que  $b_i \geq \theta_i$ , sendo  $\theta_i$  o preço de reserva

Em seguida, o montante de financiamento pedido é dividido pelo valor da qualidade do projecto, obtendo-se um rácio preço por qualidade. Ao fim deste rácio obtido, começa a funcionar um mecanismo de leilão baseado num “relógio” em contagem decrescente. Este “relógio” começa a sua contagem num valor que é igual ao maior rácio entre o montante de financiamento pedido e a qualidade do projeto e vai sucessivamente diminuindo, em decrementos fixos. Este rácio representa o valor pago a todos os proponentes de projectos por unidade de qualidade. Assim, podemos ter a percepção de que todos os proponenetes vencedores, com a mesma qualidade, recebem o mesmo montante de financiamento.

Para os sucessivos valores fixados para este rácio, cada proponente decide se é do seu interesse manter-se no leilão, ou se o valor que está a ser oferecido é demasiado baixo e, por isso, se retira do leilão. Este leilão termina quando todos as propostas ativas no leilão não excederem o orçamento.

### **3.4 Leilão “Aberto decrescente” de Giebe, Grebe e Wolfstetter (2006)**

O mecanismo aberto decrescente (DA) de Giebe et al. é composto por várias rondas. Durante as rondas, o montante inicial de financiamento dos candidatos vai diminuindo num valor fixo, as várias diminuições do montante de financiamento serão denotadas por  $b'_i$ . Como nos encontramos perante um leilão aberto, todos os candidatos têm acesso aos valores dos seus concorrentes, bem como se estes aceitam ou não a redução que a ronda exige. Caso o concorrente não aceite o valor de  $b'_i$  que está a ser oferecido, este mantém-se no jogo com o último montante de financiamento pedido, ou seja, o valor que se verifica antes de decidir não baixar o preço.

Em cada ronda, assume-se que o financiador escolheria o conjunto de projetos

que maximiza o benefício agregado, de acordo com os montantes de financiamento correspondentes a essa ronda. O processo de rondas termina quando nenhum candidato está disposto a baixar mais o preço.

Para simular este leilão, é necessário definir uma estratégia para os promotores dos projetos. Ir-se-á assumir que estes estarão dispostos a baixar o montante de financiamento pedido enquanto esta redução não conduzir a  $b'_i \leq \theta_i$ . Assim, o leilão terminará quando se deteta que, na ronda seguinte os candidatos que ainda se mantinham disponíveis para baixar o seu montante de financiamento, já não necessitam de o fazer, uma vez que têm a garantia que os seus projetos serão financiados sem necessidade de descer o seu montante de financiamento. Quando o leilão chega a este “limite”, quer dizer que mais nenhum concorrente se encontra interessado em baixar o seu montante de financiamento, uma vez que os concorrentes já sabem que o seu projeto será financiado, logo, não existe necessidade para tal.

Por forma a simplificar a determinação do resultado do leilão, irá usar-se uma heurística simplificada. Assume-se que os primeiros projectos a serem financiados são os que têm menor rácio entre o último montante de financiamento pedido  $b'_i$  e o benefício social proporcionado. O número de projectos a serem financiados, tal como nos outros mecanismos, encontra-se relacionado com o orçamento disponível. Deste modo, os projectos são financiados pela ordem de menor rácio, até a soma destes exceder o orçamento. Os vencedores irão receber, consequentemente os montantes reduzidos de financiamento, no momento em que termina o leilão.

## **CAPÍTULO IV- Análise dos mecanismos de leilão**

Como foi referido na introdução do presente trabalho, iremos utilizar pressupostos realistas nas análises a efectuar, uma vez que as análises encontradas na literatura assumem pressupostos que consideramos irrealistas, nomeadamente, de que existe um número pequeno de níveis de qualidade dos projetos, que a avaliação identifica exatamente a qualidade do projeto e que existe uma relação funcional simples entre a

qualidade do projeto e o seu benefício social.

Primeiramente, iremos recorrer a simulações de Monte Carlo para ilustrar o desempenho dos leilões apresentados no capítulo anterior, com pressupostos semelhantes aos que encontramos na literatura. Em seguida, iremos realizar as simulações com pressupostos que consideramos mais realistas. Desta forma, vamos utilizar mais de três níveis de qualidade e vamos assumir que a avaliação da qualidade dos projetos está sujeita a observação com erro. Iremos utilizar várias distribuições para a qualidade dos projetos.

No que diz respeito ao mecanismo DA (2006), é importante realçar que, no processo de alocação, usamos o pressuposto: todos os vendedores se encontram dispostos a baixar o seu montante de financiamento até ao seu preço de reserva. Durante o processo de alocação, neste mecanismo, utilizamos decrementos de cerca de 250, de forma a facilitar o trabalho em Excel.

É também importante realçar que os mecanismos de leilão utilizados não resolvem nunca o problema da mochila, uma vez que, durante o processo de alocação, são utilizadas heurísticas, ou seja, algoritmos aproximativos, baseadas numa escolha por ordem decrescente do rácio entre benefício social proporcionado e montante de financiamento necessário.

As simulações pretendem analisar o desempenho dos dois mecanismos de leilão com base no benefício social obtido com as respetivas alocações. Por forma a fazer esta análise, iremos definir um índice de desempenho (ID) que nos diz se o benefício social obtido com a respetiva distribuição se encontra mais perto do mecanismo SQ ou do mecanismo FB. Sendo  $W_{DA}$ ,  $W_{SQ}$  e  $W_{FB}$  o benefício social médio obtido com os mecanismos DA, SQ e FB, respetivamente, o índice é definido como:

$$ID = \frac{W_{DA} - W_{SQ}}{W_{FB} - W_{SQ}} \quad W_{DA}, W_{SQ}, W_{FB} > 0 \quad (1)$$

Quanto mais próximo estiver o índice de desempenho de 0, mais próximo se encontra o mecanismo DA do mecanismo SQ, caso o índice de desempenho esteja mais próximo de 1, o mecanismo DA encontram-se mais próximos do mecanismo FB.

#### 4.1 Simulação com alguns pressupostos encontrados na literatura.

Nas análises encontradas na literatura, nomeadamente na análise de Ensthaler e Giebe (2014), assumem-se três classes de qualidades (A,B,C). Os projetos de maior qualidade inserem-se na categoria A; em seguida, temos os projetos de qualidade média que são inseridos na categoria B; e, por fim, os projetos de qualidade inferior são inseridos na categoria C. A cada classe de qualidade será associado um benefício social; estes benefícios serão denotados por  $(W_a, W_b, W_c)$ , respetivamente.

Nas simulações que vamos realizar, neste capítulo, os preços de reserva e a qualidade dos projetos são selecionados aleatoriamente para cada leilão. No que diz respeito às classes de qualidades, como foi referido anteriormente, cada uma estará associada a um benefício social: os projetos de qualidade A serão associados a um benefício de 300, os de qualidade B a um benefício de 200 e, por fim, os de qualidade C um benefício de 100, ( $W_a = 300, W_b = 200, W_c = 100$ ). No que diz respeito aos preços de reserva, estes seguem uma distribuição uniforme; os preços de reserva dos projetos de qualidade A variam entre os valores 500 e 1000, os preços de reserva dos projetos de qualidade B variam entre os valores 1012,25 e 1662,5. Por fim, os preços de reserva dos projetos de qualidade C variam entre os valores 1200 e 2000.

As simulações são efetuadas assumindo que o número de projetos propostos é igual a 30, que existe um orçamento fixo de  $B=10000$  e que o montante de financiamento pedido é estimado multiplicando o preço de reserva pela percentagem que o vendedor pode receber acima desse preço; esta percentagem é determinada através de uma distribuição uniforme entre 0,1 e 0,9. No que diz respeito à qualidade dos projetos, iremos utilizar duas distribuições discretas (DD), onde, primeiramente, a qualidade A tem uma probabilidade de 16,7 por cento de ocorrer, a qualidade B tem uma probabilidade de 33,33 por cento de ocorrer e a qualidade C tem uma probabilidade de 50 por cento de ocorrer. Em seguida, iremos utilizar também uma distribuição discreta diferente para a qualidade dos projetos: neste caso, todos os níveis de qualidade têm uma probabilidade de ocorrer de 33,3 por cento.

Quadro 1- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição discreta da qualidade dos projetos e alguns pressupostos encontrados na literatura.

Simulações	DD (0,5; 0,333; 0,167)			DD (0,333; 0,333; 0,333)		
Mecanismos	Média	Desvio Padrão	ID	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1315,20	129,17	_____	1445,40	107,99	_____
DA (2014)	<b>1625,00</b>	115,88	<b>0,62</b>	<b>1740,90</b>	112,38	<b>0,59</b>
DA(2006)	1556,70	<b>256,67</b>	0,49	1735,60	<b>265,83</b>	0,58
FB	1815,40	105,14	_____	1944	105,71	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Através da análise do presente quadro, podemos verificar que o mecanismo de leilão, para a alocação de subsídios em I&D, que mais contribui para o benefício social, é o mecanismo DA (2014), estando este mecanismo muito próximo do mecanismo DA (2006), quando a distribuição das qualidades dá a mesma probabilidade a todos os níveis de qualidade.

O mecanismo DA (2014) apresenta um índice de desempenho de 62 por cento para a primeira distribuição das qualidades dos projetos e 59 por cento para a segunda. Desta forma, podemos afirmar que os benefícios sociais médios apresentados por este mecanismo se encontram mais próximos dos benefícios do mecanismo FB, que é considerado o ótimo social. É também importante realçar o facto do mecanismo SQ ficar bastante aquém dos mecanismos DA, no sentido em que o benefício social médio do mecanismo SQ fica bastante aquém do benefício social médio dos mecanismos DA.

O facto de os mecanismos DA estarem muito próximos do mecanismo ótimo, leva-nos a considerar que os mecanismos DA são uma mais-valia para o aumento dos benefícios sociais. Através da medida de dispersão, desvio padrão, é possível termos noção da variabilidade dos valores em torno da média. Deste modo, através da análise do

quadro 1, é possível concluir que os mecanismos DA (2006) são os que apresentam uma maior variabilidade dos valores em torno da média. Por seu lado, o mecanismo DA (2014) e o mecanismo SQ apresentam uma variabilidade semelhante, sendo esta menor que a do mecanismo DA (2006) e mais próxima do mecanismo FB.

Desta forma, podemos concluir que o mecanismo que apresenta um maior risco associado é o mecanismo DA (2006). Note-se, no entanto, que este risco pode estar pelo menos parcialmente, associado à forma como este mecanismo foi por nós implementado (pelo menos ao valor do decréscimo escolhido).

Em suma, podemos chegar a uma conclusão consistente, aliás, como as obtidas por outros autores, Ensthaler e Giebe (2014): o mecanismo SQ para a alocação de subsídios em I&D, em termos de benefício social, não é o mais favorável, sendo o mecanismo DA (2014) o que mais contribui para o benefício social. Não são realizadas comparações mais específicas com os artigos encontrados na literatura, uma vez que os métodos utilizados são diferentes; neste sentido é difícil fazer a comparação com esses artigos.

## **4.2 Simulações com pressupostos alternativos**

Neste capítulo, iremos proceder às simulações em Monte Carlo com pressupostos que consideramos mais realistas com o objetivo de chegar a conclusões mais consistentes em relação ao benefício social obtido com os diferentes mecanismos.

Como foi referido anteriormente, nas análises encontradas na literatura, assumem-se apenas três classes de qualidades (A,B,C). Sob o nosso ponto de vista, três classes de qualidade é um pouco irrealista, uma vez que consideramos que em geral será necessário uma maior densidade de classes. Neste sentido, iremos introduzir nas nossas simulações, níveis de qualidade definidos nas distribuições contínuas e diferentes tipos de distribuição para a qualidade dos projetos. Pretendemos comparar os resultados das simulações com pressupostos encontrados na literatura com os resultados das simulações que iremos realizar, estas com novos pressupostos. Também iremos fazer comparações entre as simulações efetuadas com novos pressupostos

No que diz respeito à distribuição da qualidade dos projetos: primeiramente, será utilizada uma distribuição uniforme, em seguida, iremos utilizar uma distribuição normal e, por fim, utilizaremos uma distribuição triangular. O preço de reserva (PR) mantém-se com uma distribuição uniforme mas, sendo  $q_i$  a qualidade do projeto passará a considerar-se o seguinte intervalo:

$$PR \in [750 * q_i - 105 * (q_i - 1)^2 - 250 - 75 * (q_i - 1); 750 * q_i - 105 * (q_i - 1)^2 + 250 + 75 * (q_i - 1)], \quad q_i > 0 \quad (2)$$

Este intervalo foi definido por forma a manter alguma consistência com os intervalos escolhidos para o preço de reserva, quando se utilizaram os pressupostos encontrados na literatura.

Em relação ao benefício social, seguimos o raciocínio das simulações anteriores; a cada qualidade de projeto está associado um benefício social. Nestas simulações existem vários níveis de qualidade, sendo o valor mínimo de 0,5 e o valor máximo de 4. O benefício social é definido multiplicando a qualidade do projeto por 100 ( $q_i * 100$ ). Por fim, as simulações serão efetuadas assumindo que o número de projetos propostos é igual a 30, e que existe um orçamento disponível fixo para financiamento dos projetos em I&D, de  $B=10000$ . Em relação ao montante de financiamento pedido, este é estimado multiplicando o preço de reserva pela percentagem que o vendedor pode receber acima desse preço; esta percentagem é terminada através de uma distribuição uniforme entre 0,1 e 0,9.

Nestes novos pressupostos alternativos, consideramos ainda que não é razoável assumirmos que a qualidade dos projetos é observada de forma exata. Assim, temos uma qualidade intrínseca, que define o benefício social, mas esta não é observada e, conseqüentemente, o benefício social exato também não o é. Consideremos que o que é possível observar é um valor de qualidade que está sujeito a um erro de observação. Em termos práticos, consideramos que existe um erro de observação definido por uma variável aleatória e que se observa um nível de qualidade, designado por “qualidade

observada”, obtida através da soma da qualidade intrínseca com o termo de erro. Este nível de qualidade, a qualidade observada, é utilizado para as decisões de alocação decorrentes do mecanismo considerado. A qualidade intrínseca é utilizada para avaliar o desfecho obtido, ou seja, para determinar o benefício social resultante da alocação que decorre do mecanismo analisado.

Uma vez que assumimos que se sabe que o nível de qualidade está entre 0,5 e 4, faz-se uma truncagem da qualidade observada nestes valores. Nas simulações efetuadas assumimos que o erro de observação segue uma distribuição uniforme entre -1 e 1.

Iremos realizar simulações distintas para as distribuições apresentadas anteriormente: para cada distribuição utilizada, serão realizadas simulações com a utilização do termo de erro na qualidade observada dos projetos e sem a introdução deste erro.

#### 4.2.1. Distribuição Uniforme

Como foi referido, iremos iniciar as nossas simulações com uma distribuição uniforme para a qualidade dos projetos. Esta distribuição uniforme apresenta um intervalo com o valor mínimo de 0,5 e um valor máximo de 4 [0,5;4]. A distribuição uniforme tem uma importante característica: a probabilidade é a mesma para todos os valores num determinado intervalo, ou seja, a probabilidade de todos os valores entre 0,5 e 4 será a mesma.

Quadro 2- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição uniforme e o termo de erro na qualidade dos projetos.

Simulações		Distribuição Uniforme (0,5; 4)	
Mecanismos	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1217,93	138,46	
DA (2014)	<b>1474,04</b>	156,13	<b>0,53</b>

<b>DA(2006)</b>	1268,41	<b>205,49</b>	0,11
<b>FB</b>	1697,92	119,13	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Quadro 3- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição uniforme e não se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos.

Simulações		Distribuição Uniforme (0,5; 4)	
Mecanismos	Média	Desvio Padrão	ID
<b>SQ</b>	1252,17 (+)	132,44 (-)	_____
<b>DA (2014)</b>	<b>1685,05 (+)</b>	124,56 (-)	<b>0,70 (+)</b>
<b>DA (2006)</b>	1269,10 (+)	<b>236,58 (+)</b>	0,03 (-)
<b>FB</b>	1873,61 (+)	94,89 (-)	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Através da análise do quadro 2, onde são apresentados os resultados das simulações, quando se utiliza a qualidade com o termo de erro, podemos verificar que o mecanismo de leilão, para a alocação de subsídios em I&D, que mais contribui para o benefício social, é o mecanismo DA (2014), com um índice de desempenho de 53 por cento. No que diz respeito ao mecanismo DA (2006), este apresenta um índice de desempenho de 11 por cento, mostrando, deste modo, que este mecanismo se encontra muito próximo do mecanismo SQ. Neste sentido, podemos concluir que, para uma distribuição uniforme, o desempenho do mecanismo DA (2006) se pode considerar fraco.

Como já referimos, através da análise do desvio padrão é possível ter a percepção da variabilidade dos valores em torno da média. Na análise do quadro 2, é possível observar que praticamente todos os mecanismos apresentam um desvio padrão semelhante; apenas o mecanismo DA (2006) apresenta um desvio padrão mais afastado, sendo este maior que 200. Assim, mais uma vez, o mecanismo DA (2006) apresenta um

maior risco associado, os dois mecanismos DA apresentam um desvio padrão bastante distante do desvio padrão do mecanismo FB, estando mais próximos do mecanismo SQ. Notamos, mais uma vez, que este resultado se pode dever à forma como o mecanismo de leilão DA (2006) foi implementado.

Através da análise do quadro 3, onde são analisados os resultados das simulações, quando não se utiliza o termo de erro para qualidade dos projetos, podemos concluir que o mecanismo DA (2014) continua a ser o mecanismo que mais contribui para o benefício social, apresentando um índice de desempenho de 70 por cento, sendo este o mecanismo que se encontra mais próximo do mecanismo que é o ótimo social. Em comparação com o mecanismo DA (2014) o mecanismo DA (2006) tem uma prestação mais baixa, com um índice de desempenho de 3 por cento, encontrando-se muito próxima do mecanismo SQ. No que diz respeito à variabilidade em torno da média, podemos destacar o mecanismo DA (2006), uma vez que este apresenta um desvio padrão muito superior aos restantes.

Através desta análise dos dois quadros apresentados, é possível concluir que o mecanismo DA (2014) apresenta benefício social médio bastante superior quando não se considera o termo de erro na qualidade dos projetos. O mecanismo SQ e o mecanismo DA (2006) apresentam um benefício social médio ligeiramente superior, que consideramos irrelevante. Através dos índices de desempenho é ainda possível detetar que, quando não se considera o termo de erro, o índice de desempenho do mecanismo DA (2014) é mais elevado e o índice de desempenho do mecanismo DA (2006) é mais baixo.

No que diz respeito à análise dos desvios padrão, podemos concluir que o mecanismo DA (2006), apresenta uma maior variabilidade em torno da média, em relação aos valores apresentados no quadro 2, ou seja, o risco associado para este mecanismo é maior quando não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos. No que diz respeito ao mecanismo DA (2014) e ao mecanismo SQ, ao contrário do anterior, apresentam um risco associado menor como acontece também com o mecanismo FB.

Em suma, podemos destacar que o mecanismo DA (2014) é o que mais contribui para o benefício social, tanto quando é utilizado o termo de erro para a qualidade dos projetos como quando este não é utilizado. Concluimos também que com uma distribuição uniforme os mecanismos de leilão DA, em relação ao mecanismo tradicional,

são os que mais contribuem para o aumento do benefício social. Estas conclusões estão em sintonia com as conclusões de Ensthaler e Giebe (2014). Em relação à incorporação do termo de erro na qualidade dos projetos, no processo de alocação dos subsídios em I&D, podemos concluir que, quando este é utilizado, o benefício social médio, em geral, diminui.

#### **4.2.2. Distribuição Normal**

A distribuição normal (DN) é uma das mais importantes distribuições da estatística e a mais familiar de entre as distribuições de probabilidade. A sua importância deve-se a vários fatores, de entre eles, o teorema central do limite, onde se afirma que, quando o tamanho da amostra aumenta, a distribuição amostral da sua média aproxima-se cada vez mais de uma distribuição normal.

Esta distribuição é inteiramente descrita por dois parâmetros: média e desvio padrão,  $X \sim N(u, \sigma)$ , ou seja, conhecendo-se estes valores, consegue-se determinar qualquer probabilidade numa distribuição uniforme.

Por fim, e em relação à distribuição normal, podemos acrescentar que esta é simétrica em torno da média, o que implica que a média, a mediana e a moda sejam todas coincidentes. O gráfico deste tipo de distribuição tem o formato de sino.

Após apresentada a distribuição normal, serão realizadas duas simulações em Monte Carlo, em que a qualidade dos projetos apresenta essa mesma distribuição. Nas simulações que irão ser realizadas, esta distribuição segue duas parametrizações distintas: primeiramente, será utilizada uma média de 2,25 e um desvio padrão de 4, com uma truncagem em (0,5; 4); em seguida, será utilizada uma média de 2,25, como na simulação anterior, e um desvio padrão de 1,5. Esta distribuição será truncada em (0; 4,5).

Quadro 4- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição normal e o termo de erro na qualidade dos projetos.

Simulações	DN (2,25; 4)			DN (2,25; 1,5)		
	Média	Desvio Padrão	ID	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1211,31	140,21	_____	1295,77	155,12	_____
DA (2014)	<b>1479,57</b>	154,56	<b>0,55</b>	<b>1496,71</b>	175,04	<b>0,45</b>
DA(2006)	1301,58	<b>215,48</b>	0,19	1340,01	<b>239,06</b>	0,10
FB	1693,74	122,26	_____	1746,03	134,18	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Quadro 5- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição normal e não se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos.

Simulações	DN (2,25; 4)			DN (2,25; 1,5)		
	Média	Desvio Padrão	ID	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1240,19 (+)	129,47 (-)	_____	1282,86 (-)	142,23 (-)	_____
DA (2014)	<b>1684,74 (+)</b>	121,25 (-)	<b>0,70 (+)</b>	<b>1686,12 (+)</b>	129,06 (-)	<b>0,67 (+)</b>
DA(2006)	1269,26 (-)	<b>233,62 (+)</b>	0,05 (-)	1331,09 (-)	<b>249,11 (+)</b>	0,08 (-)
FB	1867,04 (+)	95,32 (-)	_____	1886,29 (+)	108,80 (-)	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Na análise do quadro 4 é possível verificar que dos mecanismos de leilão, para a alocação de subsídio a I&D, o que mais contribui para o benefício social é o mecanismo DA (2014). Deste modo, o mecanismo DA (2014) é o mais eficiente em termos de benefício social para ambas as simulações realizadas com distribuição normal,

apresentando um índice de desempenho médio de 50 por cento.

Nas duas simulações onde é utilizada uma distribuição normal e o termo de erro para a qualidade dos projetos, o mecanismo DA (2006) apresenta um benefício social médio muito próximo da média do mecanismo SQ, que é o mecanismo que menos contribui para o benefício social. Deste modo, o mecanismo DA (2006) apresenta um índice de desempenho médio de 15 por cento. No que diz respeito à variabilidade dos valores em torno da média, desvio padrão, os mecanismos DA, são os que apresentam maior variabilidade em torno da média, sendo o mecanismo SQ o que apresenta menos variabilidade, estando muito próximo do mecanismo FB. Apesar dos mecanismos DA apresentarem um maior risco, com desvios padrão mais altos, é o mecanismo DA (2006) que apresenta um risco associado superior.

Nas simulações onde não é utilizado o termo de erro para a qualidade dos projetos, quadro 5, é possível detetar que, para ambas as distribuições utilizadas, o mecanismo DA (2014) continua a ser o que mais contribui para o benefício social, sendo este também o que se encontra mais próximo do mecanismo FB, apresentando um índice de desempenho médio de 69 por cento. Em relação ao mecanismo DA (2006), este continua a apresentar um benefício social médio muito próximo do benefício social médio do mecanismo SQ, apresentando um índice de desempenho médio de 7 por cento.

Passando para uma análise simultânea dos dois quadros, é visível que, quando não se insere o termo de erro na qualidade observada no processo de alocação, o benefício social médio do mecanismo DA (2014) aumenta significativamente. Este aumento do benefício social médio é coincidente com o aumento apresentado no mecanismo FB. No que diz respeito aos restantes mecanismos, todas as alterações verificadas no benefício social médio são, sob o nosso ponto de vista, irrelevantes, uma vez que estas alterações são mínimas.

Em relação à variabilidade em torno da média, podemos analisar que existem diferentes alterações quando não se insere o termo de erro na qualidade dos projetos. Os desvios padrão do mecanismo DA (2006) aumentam, contrariamente os desvios padrão do mecanismo DA (2014) e do mecanismo SQ que diminuem.

Através de uma análise geral dos índices de desempenho é possível chegar à

conclusão que, quando se insere o termo de erro na qualidade dos projetos, os índices de desempenho do mecanismo DA (2014) baixam, encontrando-se as médias de benefício social mais próximas das médias de benefício social do mecanismo SQ. Contrariamente no mecanismo DA (2006), quando se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos, os índices de desempenho sobem, sendo esta subida pouco significativa.

Em suma, podemos chegar à mesma conclusão das simulações apresentadas anteriormente: o mecanismo DA (2014) é o mais eficiente em relação ao aumento do benefício social, tanto quando é utilizado o termo de erro para a qualidade observada como quando este não é utilizado, na distribuição normal os mecanismos de leilão DA são os que mais contribuem para o aumento do benefício social e, por fim, que a utilização do termo de erro na qualidade dos projetos leva, em geral, a alocações com menor benefício social.

#### **4.2.3 Distribuição triangular**

A Distribuição Triangular é uma distribuição de probabilidade contínua caracterizada por um valor mínimo, um valor máximo e uma moda. Tem um uso bastante difundido em simulações e é, principalmente, utilizada quando existe uma incerteza em relação à amostra, ou seja, quando os dados disponíveis são poucos.

Esta distribuição é também utilizada quando os valores apresentam uma tendência central, encontrando-se com maior probabilidade os valores próximos do valor médio. Permite também que os seus limites, ou seja, um limite inferior, uma moda e um limite superior sejam interpretados como os parâmetros mais otimistas, mais provável e mais pessimista de uma determinada variável, respetivamente.

Para a distribuição triangular da qualidade dos projetos, serão realizadas duas simulações distintas, onde serão utilizados os mesmos limites inferiores e superiores. No que diz respeito ao valor da moda, este apresenta valores diferentes nas diferentes simulações a realizar. Neste sentido, as simulações que irão ser realizadas seguem duas parametrizações diferentes para a distribuição: primeiramente, será utilizada uma moda de valor 0,5; nas simulações seguintes será utilizada uma moda de valor 2,25. No que diz

respeitos aos limites, será utilizado um limite inferior de 0,5 e um limite superior de 4; como foi referido anteriormente, estes limites não são alterados.

Quadro 6 - Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição triangular e o termo de erro para a qualidade dos projetos.

Simulações	DT (0,5; 2,25; 4)			DT (0,5; 0,5; 4)		
	Média	Desvio Padrão	ID	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1121,70	126,79	_____	1094,01	119,94	_____
DA (2014)	<b>1423,39</b>	130,47	<b>0,62</b>	1267,27	133,70	0,39
DA(2006)	1316,15	<b>147,57</b>	0,40	<b>1356,59</b>	<b>148,91</b>	<b>0,59</b>
FB	1607,71	103,57	_____	1540,48	104,61	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Quadro 7- Resultado das simulações de Monte Carlo, quando se utiliza uma distribuição triangular e não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos.

Simulações	DT (0,5; 2,25; 4)			DT (0,5; 0,5; 4)		
	Média	Desvio Padrão	ID	Média	Desvio Padrão	ID
SQ	1165,92 (+)	131,39 (+)	_____	1139,88 (+)	124,01 (+)	_____
AD (2014)	<b>1624,19 (+)</b>	112,23 (-)	<b>0,78 (+)</b>	<b>1541,67 (+)</b>	109,07 (-)	<b>0,70 (+)</b>
DA(2006)	1339,92 (+)	<b>192,87 (+)</b>	0,29 (-)	1475,34 (+)	<b>212,76 (+)</b>	0,58 (-)
FB	1756,48 (+)	86,34 (-)	_____	1717,08 (+)	84,88 (-)	_____

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Através da análise do quadro 6, podemos detetar que para os diferentes valores de moda utilizados, são diferentes os mecanismos de leilão que mais contribuem para o benefício social. Assim, quando existe uma distribuição triangular com uma moda de valor 2,25, o mecanismo DA (2014) é o que apresenta um benefício social médio maior, apresentando um índice de desempenho de 62 por cento. Nesta situação, o mecanismo DA (2006) apresenta um índice de desempenho de cerca de 40 por cento. O contrário acontece quando existe uma distribuição triangular com uma moda de valor 0,5 pois, aqui é o mecanismo DA (2006) que mais contribui para o aumento do benefício social, apresentando um índice de 59 por cento. Por seu lado o mecanismo DA (2014) apresenta um índice de desempenho mais baixo, de cerca de 39 por cento.

Em relação ao desvio padrão, podemos detetar, de forma geral, que todos os mecanismos apresentam variabilidades semelhantes em torno da média. É possível detetar que o mecanismo DA (2006), com uma distribuição triangular, apresenta desvios padrões menores, em comparação com todas as simulações apresentadas anteriormente.

Através da análise do quadro 7 é possível constatar que, quando não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos, o mecanismo DA (2014) é o que mais contribui para o aumento do benefício social, para ambas as distribuições, sendo este também o que apresenta índices de desempenho mais elevado, de 70 por cento, quando se utiliza uma moda de valor 0,5, e de 78 por cento quando se utiliza uma moda de valor 2,25. Deste modo, o mecanismo DA (2014) encontra-se bastante próximo do mecanismo FB. No que diz respeito ao mecanismo DA (2006), quando não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos, este apresenta um índice de desempenho baixo quando se utiliza uma moda de valor 2,25 e um índice de desempenho superior quando se utiliza uma moda de valor 0,5. É ainda possível observar que a variabilidade em torno da média é muito semelhante, e que o mecanismo DA (2006) continua a ser o mecanismo que apresenta um maior desvio padrão.

Numa análise centrada nos dois quadros apresentados é possível detetar que, em ambas as distribuições utilizadas, quando não se insere o termo de erro na qualidade dos projetos, o benefício social médio aumenta. Podemos destacar o aumento do benefício social médio do mecanismo AD (2014), uma vez que este é o aumento mais significativo.

No que diz respeito aos restantes mecanismos, todas as alterações verificadas no benefício social médio são alterações mais moderadas.

Em relação à variabilidade em torno da média, podemos analisar que existem bastantes alterações quando não é utilizado o termo de erro na qualidade dos projetos. Em geral, os desvios padrão do mecanismo DA (2006) apresentam valores mais elevados e alterações mais acentuadas. Contrariamente, o mecanismo DA (2014) apresenta desvios padrão menos elevados e alterações mais moderadas. O mecanismo SQ, por sua vez, não sofre alterações significativas no desvio padrão. Desta forma, o mecanismo DA (2006) é o que apresenta maior variabilidade associada.

Através de uma análise geral dos índices de desempenho aqui apresentadas, é possível chegar à conclusão que, quando se insere o termo de erro na qualidade dos projetos, os índices de desempenho do mecanismo DA (2014) baixam, sendo esta descida mais acentuada quando se utiliza uma moda de valor 0,5. Contrariamente, no mecanismo DA (2006), quando se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos, os índices de desempenho sobem; esta subida é pouco significativa quando se utiliza uma moda de valor 2,25, e nada significativa quando se utiliza uma moda de valor 0,5. De um modo geral podemos concluir que o mecanismo DA (2014) é que apresenta um desempenho mais próximo do desempenho do mecanismo FB.

Em suma, podemos chegar mais uma vez à mesma conclusão das simulações apresentadas anteriormente: na distribuição triangular os mecanismos de leilão DA são os que mais contribuem para o aumento do benefício social e, quando se utiliza o termo de erro na qualidade dos projetos no benefício social médio, diminui. Chegamos também à conclusão que com uma distribuição triangular com uma moda de valor 0,5 é possível o mecanismo DA (2006) ser mais eficiente, em termos de benefício social, que o mecanismo DA (2014).

## CAPÍTULO V- Discussão dos resultados

Como foi referido na introdução, o objetivo deste trabalho passa pela realização e pela comparação de algumas formas de alocação de subsídios em I&. Para cumprir o nosso objetivo, estudámos as questões práticas decorrentes da utilização do mecanismo leilão com o objetivo de haver uma seleção dos projetos com base no grau de qualidade esperada e com base no benefício social. Sendo assim, pretendemos perceber se este mecanismo leilão melhora a eficiência da distribuição dos subsídios e se maximiza o benefício social.

Escolhidos e explicados os mecanismos de leilão a utilizar, no capítulo 4, foram realizadas e analisadas várias simulações em Monte Carlo, utilizando, tanto os pressupostos encontrados na literatura, como novos pressupostos, que consideramos mais realistas.

No quadro seguinte é possível observar todas as médias de benefício social obtidas através das simulações de Monte Carlo.

Quadro 8 - Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados os novos pressupostos, considerando um termo de erro.

Mecanismos	SQ	DA(2014)	DA(2006)	FB
<b>Distribuições de qualidade</b>		<b>Médias de beneficio social</b>		
DU	1217,93	<u>1474,04</u>	1268,41	1697,92
DN (2,25; 4)	1211,31	<u>1479,57</u>	1301,58	1693,74
DN (2,25; 1,15)	1295,77	<u>1496,71</u>	1340,01	1746,03
DT (0,5; 2,25; 4)	1121,70	<u>1423,39</u>	1316,15	1607,71
DT( 0,5; 0,5; 4)	1094,01	1267,27	<u>1356,59</u>	1540,48

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Quadro 9- Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados os novos pressupostos sem considerar um termo de erro.

Mecanismos	SQ	DA(2014)	DA(2006)	FB
<b>Distribuições de qualidade</b>		<b>Médias de benefício social</b>		
<b>DU</b>	1252,17 (+)	<u>1685,05 (+)</u>	1269,10 (+)	1873,61 (+)
<b>DN (2,25; 4)</b>	1240,19 (+)	<u>1684,74 (+)</u>	1269,26 (-)	1867,04 (+)
<b>DN (2,25; 1,15)</b>	1282,86 (-)	<u>1686,12 (+)</u>	1331,09 (-)	1886,29 (+)
<b>DT (0,5; 2,25; 4)</b>	1165,92 (+)	<u>1624,19 (+)</u>	1339,92 (+)	1756,48 (+)
<b>DT( 0,5; 0,5; 4)</b>	1139,88 (+)	<u>1541,67 (+)</u>	1475,34 (+)	1717,08 (+)

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Quadro 10- Resultados das médias de benefício social para todas as simulações de Monte Carlo, quando são utilizados pressupostos encontrados na literatura.

Mecanismos	SQ	DA(2014)	DA(2006)	FB
<b>Distribuições de qualidade</b>		<b>Médias de benefício social</b>		
<b>DD (0,5;0,333;0,167)</b>	1315,20	<u>1625,00</u>	1556,70	1815,40
<b>DD (0,333;0,333;0,333)</b>	1445,40	<u>1740,90</u>	1735,60	1944

Fonte: Elaborado pela autora através dos resultados obtidos pelas simulações em Monte Carlo

Após a análise detalhada dos quadros 8 9 e 10, é fácil chegar a várias conclusões, algumas delas já obtidas por outros autores como Ensthaler e Giebe (2014): o mecanismo SQ para a alocação de subsídios em I&D, em termos de benefício social, não é o mais favorável, sendo o mecanismo DA (2014) o que mais contribui para o benefício social.

O mecanismo DA (2014) é um mecanismo criado por Ensthaler e Giebe (2014), com o objetivo de melhorar a alocação de subsídios em I&D, tornando-a mais eficiente. Através destes quadros é realmente possível detetar que este mecanismo melhora a eficiência da alocação de subsídios em I&D, quando são utilizados pressupostos encontrados na literatura e quando são utilizados os novos pressupostos.

Apesar de o mecanismo DA (2006) ser apenas o que mais contribui mais para o benefício social quando se utiliza uma distribuição triangular com uma moda de valor 0,5, este tem uma importância relevante, uma vez que apresenta um benefício social médio,

em todas as distribuições, superior ao benefício social médio do mecanismo SQ, sendo este considerado como o que contribui menos para o benefício social.

No que diz respeito ao índice de desempenho dos mecanismos de leilão, podemos afirmar que é o mecanismo DA (2014) que apresenta índices mais altos. O maior valor encontrado para este índice, tendo em conta a utilização dos novos pressupostos, ocorre quando se utiliza uma distribuição triangular e não se utiliza o termo de erro para a qualidade dos projetos, e tem um valor de 78 por cento, ou seja, muito perto do ótimo social.

Centrando-nos agora um pouco na análise do quadro 8 e do quadro 9, podemos realmente concluir que quando se insere o termo de erro na qualidade dos projetos, para a alocação dos subsídios em I&D, o benefício social médio é, em geral, inferior. E estas alterações são mais visíveis no mecanismo DA (2014), sendo pouco significativas as alterações nos restantes mecanismos.

## **CAPÍTULO VI- Conclusões**

O presente trabalho começa por apresentar uma pequena noção de como os subsídios a I&D são importantes para o crescimento de uma economia baseada no conhecimento e na inovação. Para que as empresas invistam em atividades em I&D é necessário que o estado dê os apoios públicos necessários. Mas também é necessário que exista uma distribuição eficiente desses apoios, de forma a maximizar o benefício social.

Existem várias formas de alocação de subsídios a I&D. Tradicionalmente, os projetos são financiados com base nos seus níveis de qualidade, o que, sob o nosso ponto de vista, não contribui para a maximização do benefício social, uma vez que projetos de menor qualidade, mas menos dispendiosos, não conseguem competir com projetos de maior qualidade.

Neste sentido, é necessário ter em atenção que, provavelmente, alguns projetos recebem mais apoios financeiros do que realmente necessitam e que os projetos de alta qualidade nem sempre usam o seu financiamento da melhor forma.

De forma a melhorar a alocação de subsídios a I&D, vários autores apontam o

mecanismo leilão como o mecanismo que mais contribui para o aumento do benefício social, comparativamente com o mecanismo tradicional.

Como foi referido neste trabalho, vários autores, nomeadamente Ensthaler e Giebe (2014), já tinham testado este mecanismo para a alocação de subsídios em I&D, tendo chegado à conclusão que o mesmo, em relação ao mecanismo tradicional, conduzia a um aumento do benefício social.

Sendo assim, testamos também o mecanismo leilão para a alocação de subsídios a I&D mas, como foi referido durante o corpo do trabalho, com pressupostos mais realistas do que os utilizados na literatura.

No que diz respeito à utilização do mecanismo leilão, as conclusões são muito semelhantes às conclusões de Ensthaler e Giebe: o mecanismo leilão melhora a alocação de subsídios em I&D.

Os diferentes mecanismos de leilão apresentados neste trabalho obtêm desempenhos diferentes. Sendo assim, é possível concluir que o mecanismo DA (2014) se encontra mais longe do mecanismo SQ, apresentando índices de desempenho elevados. Por sua vez, o mecanismo DA (2006) encontra-se mais próximo do mecanismo SQ, apresentando índices de desempenho mais baixos.

Em jeito de conclusão final, achamos importante referir que o problema de alocação dos subsídios a I&D deveria ser um problema mais debatido nos dias de hoje, uma vez que é através da investigação e desenvolvimento que podemos obter uma economia baseada na inovação e no conhecimento, obtendo, assim, a longo prazo, um crescimento económico.

## **CAPÍTULO VII- Referências bibliográficas**

Almus, M; Czarnitzki, D (2003) *“The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: the case of Eastern Germany “ Journal of Business and Economic Statistics. 21(2), 226-236.*

Carvalho, Adão (2012) *“Rumo a uma economia baseada no conhecimento: financiamento publico à I&D empresarial em Portugal “*, Universidade de Évora, *Políticas Públicas 15.ª Workshop APDR No.15.*

Ensthaler, L; Giebe, T (2009) *“Subsidies, Knapsack Auctions and Dantzig’s Greedy Heuristic” SFB/TR 15 Discussion Paper No. 254.*

Ensthaler, L; Giebe, T (2014) *“A dynamic auction for multi-object procurement under a hard budget constraint” Research policy . 43, 179-189.*

Giebe, T; Grebe, T; Wolfstetter, E (2006) *“How to allocate R&D(and other) subsidies: an experimentally tested policy recommendation” Research Policy. 35,1261-1272.*

Guellec, D; Van, Popottelsberghe (1997) *“ Does government support stimulate private R&D?” OECD Economic Studies. 29(2), 95-122.*

Wallsten S.J. (2000) *“The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case Small Business Innovation Research Program” RAND Journal of Economics. 31(1), 82-100.*