

**MESTRADO EM**  
MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO  
ECONÓMICA E EMPRESARIAL

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**  
PROJETO

**ESCALONAMENTO DE PROVAS DE  
AVALIAÇÃO**

JOÃO PEDRO PEREIRA DUARTE

**ORIENTAÇÃO:**

PROFESSOR DOUTOR FILIPE MANUEL GONÇALVES RODRIGUES

DOCUMENTO ESPECIALMENTE ELABORADO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

OUTUBRO – 2022

# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família, principalmente aos meus pais, pela educação e transmissão de valores morais e éticos durante toda a minha vida, e pelo apoio incondicional ao longo da minha formação académica.

Ao Professor Filipe Rodrigues, por aceitar ser o meu orientador e pela imensa disponibilidade e partilha de conhecimento ao longo de todas as etapas deste projeto.

À Ana Filipa Loureiro, da secretaria das licenciaturas, pela ajuda na compreensão do problema em estudo.

Finalmente, o meu obrigado a todos os não mencionados que contribuíram para a realização deste trabalho.

# Resumo

O presente trabalho final de mestrado é um projeto desenvolvido com o objetivo de melhorar o processo de escalonamento das Provas de Avaliação Escritas das licenciaturas do ISEG. Este projeto vem reduzir substancialmente o tempo despendido pelas funcionárias da Secretaria das Licenciaturas nesta tarefa, permitindo obter calendários de exames que respeitam todas as regras estabelecidas pela Universidade de Lisboa.

A partir dos dados referentes às Unidades Curriculares e tendo em conta os critérios impostos pelo regulamento de avaliação, este projeto consiste na criação de uma aplicação, utilizando ferramentas do Excel, que devolve como output os calendários das provas de avaliação para cada licenciatura.

A aplicação foi desenvolvida e testada com dados referentes às Unidades Curriculares do ano letivo 2020/2021. No entanto, a aplicação apresenta grande versatilidade e robustez pelo que poderá ser utilizada diretamente no futuro para obtenção de calendários de exames em qualquer ano letivo.

**Palavras-chave:** Problema de escalonamento; Heurística; *Visual Basic for Applications*

# Abstract

The following master's final work is a project developed to improve the scheduling process of the written exams of the Undergraduate Courses provided by ISEG. This project reduces the time spent by the Undergraduate Office on this task significantly and it makes it possible to obtain schedules of exams respecting all the rules established by the University of Lisbon.

From the data associated with the curricular units and taking into account the rules imposed by the evaluation regulation, this project consists of developing a platform, using Excel Tools, that returns as output the schedules for the written exams for each of the courses.

The platform was developed and tested with data from the Curricular Units of the 2020/2021 academic year. However, the platform is very versatile and robust, so it can be directly used in the future to schedule exams in any academic year.

**Keywords:** Scheduling problem; Heuristic; Visual Basic for applications

# Índice

|  |            |
|--|------------|
| Agradecimentos .....                                     | i          |
| Resumo .....   | ii         |
| <i>Abstract</i> .....                                    | <i>iii</i> |
| <i>Índice</i> .....                                      | <i>iv</i>  |
| <i>Índice de Imagens</i> .....                           | <i>v</i>   |
| <i>Glossário</i> .....                                   | <i>vi</i>  |
| <b>1. Introdução</b> .....                               | <b>1</b>   |
| <b>2. Revisão da Literatura</b> .....                    | <b>2</b>   |
| <b>3. Enquadramento e Apresentação do Problema</b> ..... | <b>4</b>   |
| 3.1. O Instituto .....                                   | 4          |
| 3.2. As Licenciaturas .....                              | 4          |
| 3.3. As Unidades Curriculares .....                      | 5          |
| 3.4. Definição do Problema .....                         | 6          |
| <b>4. Metodologia</b> .....                              | <b>11</b>  |
| 4.1. Descrição do Algoritmo .....                        | 11         |
| 4.2. Pseudocódigo .....                                  | 13         |
| <b>5. Aplicação Desenvolvida</b> .....                   | <b>16</b>  |
| <b>6. Conclusão</b> .....                                | <b>26</b>  |
| <i>Referências Bibliográficas</i> .....                  | <i>29</i>  |

# Índice de Imagens

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura de calendário da ER com início numa quarta-feira e feriado na sexta-feira..... | 7  |
| Figura 2 – Separador de início da aplicação .....   | 16 |
| Figura 3 - Menu da aplicação .....  | 17 |
| Figura 4 - Janela de verificação dos planos curriculares.....                                       | 17 |
| Figura 5 - Janela de verificação dos IDs .....  | 18 |
| Figura 6 - Janela de agrupamento de optativas .....   | 19 |
| Figura 7 - Janela de início do programa.....  | 20 |
| Figura 8 - Janela de bloqueio de UCs de EN .....  | 20 |
| Figura 9 - Janela de escolha de UCs de GDES a escalonar no sábado .....                             | 21 |
| Figura 10 - Janela de pré-escalonamento .....   | 22 |
| Figura 11 - Lista de UCs não escalonadas .....  | 22 |
| Figura 12 - Calendário de EN de Finance .....   | 23 |
| Figura 13 - Calendário de ER de GDES.....   | 23 |
| Figura 14 - Calendário escrito .....  | 24 |

# Glossário

**UC** Unidade Curricular

**EN** Época Normal

**ER** Época de Recurso

**RGAC** Regulamento Geral de Avaliação de Conhecimentos das Licenciaturas

**ISEG** Instituto Superior de Economia e Gestão

**FMH** Faculdade de Motricidade Humana

**ECTS** European Credit Transfer and Accumulation System

**PR** Percurso Recomendado

**PNR** Percurso não Recomendado

**OB** Obrigatória

**OPT** Optativa

**VBA** Visual Basic for Applications

# 1. Introdução

Um dos métodos de avaliação mais utilizados no ensino é a realização de provas escritas. Assim, todos os anos as faculdades produzem calendários de exames. No Instituto Superior de Economia e Gestão, esta tarefa é realizada pela Secretaria das Licenciaturas.

Atualmente, a Secretaria das Licenciaturas segue um processo heurístico na elaboração dos calendários das provas de avaliação, utilizando documentos com informação relativa às UCs, as regras estabelecidas pela Universidade de Lisboa, publicadas no Regulamento Geral de Avaliação de Conhecimentos das Licenciaturas (RGAC), e a experiência obtida de anos anteriores. Este processo é realizado manualmente pela Secretaria das Licenciaturas todos os anos, sendo por isso um processo bastante moroso. Assim, o principal propósito deste projeto é reduzir o tempo despendido nesta tarefa através da sua automatização. Para tal, foi desenvolvida uma aplicação em Excel cuja base é a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA).

O projeto desenvolvido é apresentado da seguinte forma. No capítulo 2, é realizada uma revisão bibliográfica que tem como base diversos estudos efetuados no âmbito de problemas de escalonamento. O terceiro capítulo detalha o problema em estudo, sendo apresentado de forma detalhada o enquadramento do problema e todas as regras a considerar na elaboração dos calendários. No quarto capítulo, é apresentada a metodologia por detrás da aplicação desenvolvida para o escalonamento, e no quinto capítulo é realizada uma descrição detalhada da mesma. Conclusões finais são apresentadas no capítulo 6.

## 2. Revisão da Literatura

Os problemas de escalonamento de exames são um tipo de problema de escalonamento muito estudado. São caracterizados pela atribuição de um conjunto de exames a um número limitado de intervalos de tempo, enquanto sujeito a um conjunto de restrições (McCollum, 2006). Normalmente, estas restrições distinguem-se entre *hard* e *soft*. As restrições *hard* têm de ser cumpridas obrigatoriamente para se obter uma solução admissível para o problema. A restrição *hard* mais comum neste tipo de problema é a que garante que um aluno não tem dois ou mais exames escalonados no mesmo horário. As restrições *soft* são mais flexíveis, sendo que o objetivo passa por cumprir o maior número possível dessas regras, não sendo expectável que se consigam cumprir todas (Burke *et al.*, 2007). Neste projeto, as restrições são designadas como principais e secundárias, seguindo a mesma ideologia.

Os tipos de abordagens mais comuns na resolução deste tipo de problema incluem (Burke *et al.*, 2001):

- abordagens focadas na modelação do problema através de programação linear inteira mista onde é definida uma função objetivo e as devidas restrições (Brailsford *et al.*, 1999);
- métodos de clusters, nos quais se agrupam os exames de modo a evitar conflitos (alunos com mais do que um exame em cada grupo), e depois se olha para as restantes restrições a cumprir (Balakrishnan *et al.*, 1992);
- Abordagens que tentam encontrar boas soluções admissíveis partindo de uma ou mais soluções iniciais, utilizando meta-heurísticas como Simulated Annealing e Tabu Search (Burke *et al.*, 1999);

- métodos sequenciais, em que a fase mais importante é a ordenação de escalonamento dos exames, para a qual se utilizam heurísticas (Carter, 1986).

Entre dos métodos sequenciais, temos a utilização de heurísticas de grafos (Welsh *et al.*, 1967), nas quais são usados os vértices para representar exames e os arcos para representar os conflitos existentes. Tratam-se de heurísticas construtivas que ordenam os exames ainda não escalonados relativamente à dificuldade inerente ao seu escalonamento.

Neste projeto seguiu-se a lógica de ordenação observada na heurística *Largest Degree First* (Ayob *et al.*, 2007), que é de tipo sequencial. Esta heurística decide o próximo exame a escalonar em função da quantidade de conflitos originados com outros exames, independentemente de estes já estarem ou não escalonados.

Inicialmente, foi considerada a criação de um modelo de programação linear. No entanto, para tal seria necessário a utilização do software Open Solver. Sendo o intuito deste projeto produzir uma ferramenta a ser usada pela Secretaria das Licenciaturas, optou-se por uma aplicação de mais fácil utilização.

Finalmente, também é importante mencionar o trabalho realizado pelo meu colega de curso Tiago Duarte, que também utilizou este tema no seu trabalho final de mestrado, que concluiu em outubro de 2017. Apesar de utilizarmos diferentes métodos na resolução do problema, o seu trabalho foi muito útil na fase inicial de entendimento do problema.

## 3. Enquadramento e Apresentação do Problema

### 3.1. O Instituto

O Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), também designado por Lisbon School of Economics and Management, é a faculdade de Economia e Gestão mais antiga do país.

No ano letivo de 2007/2008, o ISEG implementou o Processo de Bolonha. Este processo tem como principal objetivo o estabelecimento de regras idênticas dentro do Espaço Europeu de Ensino Superior. Estas regras promovem a coesão europeia, facilitando a partilha de conhecimento, a mobilidade entre instituições e a empregabilidade dos seus diplomados. De acordo com o Processo de Bolonha, os cursos estão organizados em três ciclos: Licenciatura, Mestrado e Doutoramento. Foi também introduzido um sistema de créditos, o Sistema Europeu de Transferência de Créditos (ECTS). A intenção deste sistema é facilitar a realização de programas de Erasmus pelos estudantes da Europa, facilitando a obtenção de equivalências relativas a unidades curriculares de outras faculdades europeias.

As licenciaturas têm a duração de três anos letivos, em que cada ano letivo corresponde a 60 créditos ECTS. Assim, são necessários 180 créditos ECTS para a conclusão do curso.

### 3.2. As Licenciaturas

Atualmente, o ISEG oferece sete Licenciaturas. Estas incluem as licenciaturas de Economia, Gestão, e cada uma destas tem a sua versão, com o

mesmo plano curricular, mas com as UCs lecionadas em inglês, designadas por Economics, Management e, respetivamente. Para além destas, o ISEG disponibiliza também as licenciaturas de Finance, apenas lecionada em inglês, Matemática Aplicada a Economia e Gestão (MAEG). Temos também o caso da licenciatura de Gestão do Desporto, foi criada em parceria com a FMH. Esta licenciatura inclui UCs das áreas matemáticas e financeiras que são lecionadas no ISEG, sendo as restantes lecionadas na FMH.

### 3.3. As Unidades Curriculares

As UCs das licenciaturas distinguem-se entre obrigatórias e optativas. As obrigatórias pertencem ao plano curricular, sendo necessário concluí-las para que um aluno complete a licenciatura em que se inscreveu. Grande parte das UCs pertencem ao plano curricular de mais do que uma licenciatura, sendo designadas por UCs homólogas. Por exemplo, Matemática I é comum ao 1º semestre do 1º ano das licenciaturas de Economia e Gestão e, conseqüentemente, das suas versões em inglês, onde é lecionada *Mathematics I*. Uma vez que, de acordo com os planos curriculares, esta UC está associada ao 1º semestre das referidas licenciaturas, ela é considerada como uma UC do percurso recomendado (PR) quando funcionar no 1º semestre. No entanto, Matemática I é também lecionada no 2º semestre, para que os alunos que não obtiveram aprovação a esta UC no 1º semestre não sejam forçados a esperar até ao ano letivo seguinte para repetir a UC, pois esta é precedente a outras UCs. Nesta situação, Matemática I do 2º semestre já se caracteriza como pertencente ao percurso não recomendado (PNR).

As UCs optativas são apenas relevantes no 3º ano das licenciaturas, no qual o plano curricular definido não atinge os 60 créditos. Há créditos ECTS que podem ser obtidos através de atividades extracurriculares desenvolvidas durante o percurso académico do aluno, como a participação em associações da universidade. No entanto, a maioria destes créditos ECTS são obtidos pela conclusão de UCs optativas. Embora algumas destas UCs sejam exclusivamente optativas, outras são homólogas a UCs que pertencem ao PR de licenciaturas. Como exemplo, a UC de Investigação Operacional, pertence ao PR de Gestão, mas pode ser escolhida como optativa por alunos de Economia no seu 3º ano.

Anualmente, as UCs optativas puras (que não pertencem ao plano curricular de uma licenciatura) são agrupadas pela Secretaria das Licenciaturas, sendo as UCs inseridas no mesmo grupo lecionadas no mesmo horário. Assim, um aluno só pode escolher uma UC optativa de cada grupo.

### 3.4. Definição do Problema

O problema estudado neste TFM é um problema de escalonamento no qual é necessário distribuir todas as UCs que tenham provas de avaliação escritas pelo período temporal correspondente à época de avaliação escolhida (época normal ou época de recurso). Existem vários critérios estabelecidos pelo RGAC, que vão definir as restrições principais do problema.

Pelo RGAC, o calendário das provas de avaliação escritas tem a duração de três semanas para os exames da EN e de uma semana para os exames da ER, o que equivale a 15 dias úteis e 5 dias úteis, respetivamente. O calendário pode começar em qualquer dia útil. Foi definido pela secretaria que cada dia útil

do calendário de exames é constituído por 4 turnos com duração de 3 horas cada, com o 1º turno a começar às 9h e sem intervalos entre os turnos. O escalonamento de provas de avaliação escritas aos sábados é também possível, mas apenas em último recurso, caso não seja possível cumprir as regras do RGAC usando apenas os dias úteis. Nos sábados, apenas os dois primeiros turnos são considerados. Caso exista algum feriado durante o período de escalonamento, o número de dias úteis disponíveis para o escalonamento mantém-se, acrescentando-se um dia útil por feriado ao final do período. A Figura 1 exemplifica todos estes critérios.

|        | 11/07/2022    | 12/07/2022  | 13/07/2022   | 14/07/2022   | 15/07/2022  | 16/07/2022 | 17/07/2022 |
|--------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| Turnos | segunda-feira | terça-feira | quarta-feira | quinta-feira | sexta-feira | sábado     | domingo    |
| 1      |               |             |              |              |             |            |            |
| 2      |               |             |              |              |             |            |            |
| 3      |               |             |              |              |             |            |            |
| 4      |               |             |              |              |             |            |            |
|        |               |             |              |              |             |            |            |
|        | 18/07/2022    | 19/07/2022  | 20/07/2022   | 21/07/2022   | 22/07/2022  | 23/07/2022 | 24/07/2022 |
| Turnos | segunda-feira | terça-feira | quarta-feira | quinta-feira | sexta-feira | sábado     | domingo    |
| 1      |               |             |              |              |             |            |            |
| 2      |               |             |              |              |             |            |            |
| 3      |               |             |              |              |             |            |            |
| 4      |               |             |              |              |             |            |            |

Figura 1 - Estrutura de calendário da ER com início numa quarta-feira e feriado na sexta-feira

No processo de escalonamento, é necessário ter em conta várias regras: regras principais (conhecidas na literatura como *hard*) e regras secundárias (conhecidas como *soft*). As regras principais - de cumprimento obrigatório - são definidas pelo RGAC e são as seguintes:

- Na EN, as provas escritas das UC obrigatórias do percurso recomendado do mesmo ano curricular de uma licenciatura não podem ter lugar no

mesmo dia ou em dias consecutivos. Exemplo: um aluno no 2º ano da licenciatura de Economia vai ter 5 exames às cadeiras pertencentes ao seu PR e tem direito a pelo menos um dia livre entre cada dois exames consecutivos. No entanto, se esse mesmo aluno estiver inscrito em alguma UC do ano anterior, a restrição não se aplica aos exames desta UC;

- Na ER, as provas escritas das unidades curriculares obrigatórias do percurso recomendado do mesmo ano curricular de uma licenciatura não podem ter lugar no mesmo dia;
- A licenciatura de Gestão do Desporto tem as suas próprias restrições, definidos em parceria com a FMH. São definidos anualmente quais os dias disponíveis para o escalonamento das provas escritas da licenciatura. Para cada um dos três anos da licenciatura, existem duas opções: segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira ou terça-feira, quinta-feira e sábado.

Depois de cumpridas estas restrições principais, tecnicamente o calendário já é admissível. No entanto, com o intuito de ajudar os estudantes, a Secretaria das Licenciaturas estabelece restrições secundárias cujo cumprimento - apesar de não obrigatório - é altamente desejado. O objetivo é tentar maximizar o espaçamento entre exames para cada aluno, evitando situações específicas não contempladas pelas restrições principais estabelecidas pelo RGAC. Estas restrições apenas se aplicam à EN, pois a duração da ER é muito reduzida. As restrições secundárias definem-se da seguinte maneira:

- R1 - Evitar mais do que uma UC do PR da mesma licenciatura no mesmo dia, independentemente do ano curricular;
- R2 - Evitar mais do que uma UC do PNR da mesma licenciatura do mesmo ano no mesmo dia;
- R3 - Evitar UCs obrigatórias do 3º ano no mesmo dia e turno que UCs optativas;
- R4 - No 1º semestre, evitar que uma UC do PR seja escalonada no mesmo dia que uma UC do PNR da mesma licenciatura do ano anterior;
- R5 - No 2º semestre, evitar que uma UC do PR seja escalonada no mesmo dia que uma UC do PNR da mesma licenciatura do mesmo ano.
- R6 – Para cada licenciatura, distribuir da forma mais equitativa possível o número de UCs obrigatórias do PR do mesmo ano pelas semanas disponíveis.

As restrições R4 e R5 têm o mesmo objetivo: evitar que um aluno tenha mais do que um exame por dia. No 1º semestre, caso um aluno não tenha obtido aprovação a alguma UC do ano curricular anterior, embora para ele essa UC continue a pertencer ao seu PR, as restrições principais já não vão evitar que tenha esta e outra UC do seu PR no mesmo dia. No 2º semestre, a situação é semelhante. Um aluno que não tenha obtido aprovação a alguma UC do seu 1º semestre pode tentar obter aprovação à UC no semestre seguinte, caso esta UC tenha a sua versão PNR no 2º semestre.

Como se pode observar, é a existência de bastantes UCs homólogas e o elevado número de restrições a cumprir, em particular as restrições secundárias, que aumenta o nível de complexidade deste problema de escalonamento. Tendo o ISEG sete licenciaturas, a solução do problema requer a produção de nove

calendários diferentes, incluindo o calendário das UCs optativas e o calendário escrito referido mais à frente.

## 4. Metodologia

### 4.1. Descrição do Algoritmo

Como referido anteriormente, UCs homólogas têm que ser escalonadas no mesmo horário para todas as licenciaturas que as integram. Além disso, existem também conjuntos de UCs optativas que precisam de ser escalonadas no mesmo dia e hora. Assim, foi criada uma variável, designada por ID, que identifica estes agrupamentos, de modo que UCs com o mesmo ID sejam escalonadas no mesmo horário. Esta variável foi adicionada ao ficheiro Excel base, fornecido pela secretaria, no qual se encontrava toda a informação relativa a cada UC, nomeadamente o nome, semestre, ano, sigla, licenciaturas associadas, distinção entre obrigatória e optativa e distinção entre pertencente ou não ao percurso recomendado.

O input do algoritmo desenvolvido é, além deste ficheiro Excel, a época de avaliação para a qual se pretende obter o calendário, a data de começo da época de avaliação, os dias não disponíveis dentro do período de avaliação (feriados) e o semestre associado à avaliação.

O algoritmo desenvolvido divide-se em algumas etapas, funcionando da seguinte maneira. Primeiro, é definida a ordem de escalonamento das UCs, utilizando como critério o número de licenciaturas associadas a cada ID. A razão para a escolha deste critério é o facto de que quanto maior o número de licenciaturas associadas a uma UC, maior a quantidade de restrições a cumprir, pelo que UCs homólogas a mais licenciaturas devem ser escalonadas primeiro. Esta é a ideologia utilizada na heurística “Largest Degree First”, referida anteriormente. Como exemplo, a UC Matemática I que, como referido anteriormente, pertence ao PR de cinco licenciaturas. Assim, o número de dias

disponíveis para o seu escalonamento diminuí rapidamente com cada novo escalonamento efetuado em qualquer um dos calendários associados às licenciaturas cujo plano curricular incluía Matemática I.

Além disso, foi também definido que serão escalonadas em primeiro lugar as UCs obrigatórias e só depois as optativas. Finalmente, entre as UCs obrigatórias, as UCs do PR são escalonadas antes das UCs do PNR.

Após a definição da ordem de escalonamento, segue-se a escolha do dia de escalonamento. Uma primeira implementação do algoritmo consistiu em, aquando do escalonamento de cada UC, bloquear todos os dias que infringissem alguma das restrições, escalonando depois essa UC no primeiro dia não bloqueado. Isto porque, na documentação fornecida inicialmente, constavam apenas as restrições principais. No entanto, após reunir com a Secretaria das Licenciaturas, foram definidas as restrições secundárias. Ao acrescentar estas novas regras ao algoritmo, este começou a não conseguir escalonar grande parte das UCs. Assim, foram aplicados pesos às restrições secundárias, e após alguns ajustes, ficaram definidos os pesos que mais adiante se vão referir.

Na implementação final do algoritmo, o processo de escolha do dia de escalonamento divide-se em duas partes. Primeiro, cada vez que uma UC é escalonada, e tendo em conta todas as UCs já escalonadas anteriormente, são identificados e bloqueados todos os dias cuja utilização infringe alguma das regras principais. O passo seguinte consiste em avaliar todos os dias não bloqueados em relação à sua capacidade de cumprir as regras secundárias estabelecidas pela Secretaria. Para tal, foi necessário atribuir pesos às restrições secundárias, de acordo com o seu nível de importância. A restrição R1 tem um peso de 15 para UCs de anos consecutivos e 10 nos restantes casos. As

restrições R2, R4 e R5 têm um peso de 10, e a R3 um peso de 5. Na restrição R6 não são utilizados pesos. Nesta restrição, olha-se para cada semana como um todo. Se o número de UCs do PR do mesmo ano já escalonadas nessa semana for superior ao quociente entre o número de UCs do PR desse ano e o número de semanas disponíveis, são bloqueados todos os restantes dias da semana em questão. Cada dia disponível para o escalonamento recebe então a pontuação resultante da soma dos pesos de todas as restrições que não são cumpridas caso seja ele o dia escolhido para o escalonamento. De entre os dias disponíveis, é então selecionado o que tiver menor pontuação, ou seja, o que permitir cumprir mais restrições secundárias.

Finalmente, depois de definir os dias de escalonamento de todas as UCs, é necessário distribuir as UCs pelos quatro turnos disponíveis em cada dia. O principal objetivo nesta distribuição é evitar que UCs do PNR sejam escalonadas mais cedo do que UCs do PR no mesmo dia, tendo este critério sido definido pela Secretária das Licenciaturas.

O pseudocódigo do algoritmo desenvolvido é apresentado na secção seguinte.

## 4.2. Pseudocódigo

Para a descrição do algoritmo de escalonamento, consideremos os seguintes conjuntos:

- $U_1$ : conjunto de UCs pertencentes ao PR;
- $U_2$ : conjunto de UCs pertencentes ao PNR;
- $U_3$ : conjunto de UCs optativas;
- $D$ : conjunto de dias do período de escalonamento;

De notar que os conjuntos  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$  não são necessariamente disjuntos.

---

### Algoritmo de Escalonamento

---

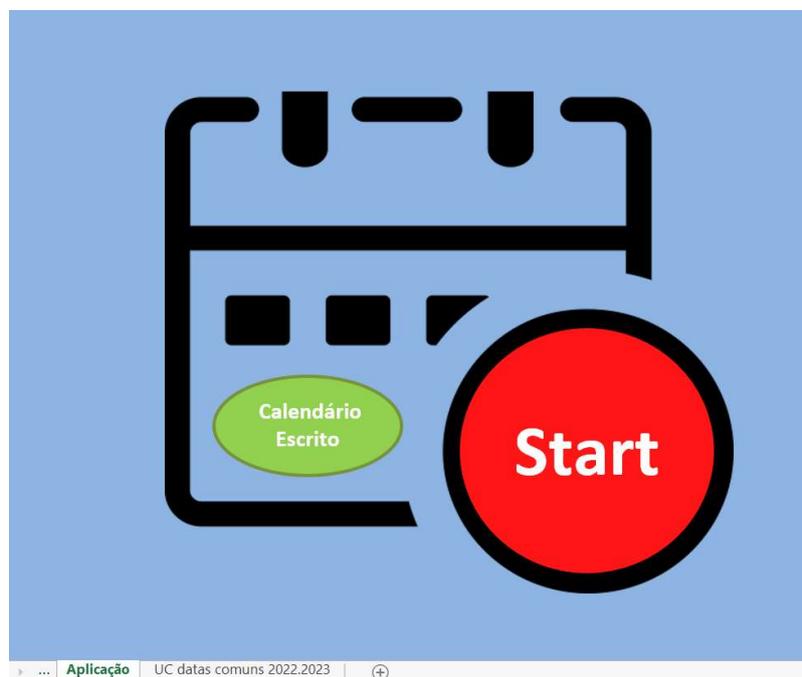
1. **Ordenar** a lista de UCs a escalonar conforme explicado anteriormente
  2.     **Selecionar** a próxima UC  $u \in U_1$  da lista ordenada a escalonar
  3.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  4.             **Se** escalonar  $u$  ou qualquer outra UC com o mesmo ID em  $d$  quebra alguma regra principal → **Bloquear**  $d$
  5.             **Se**  $d$  não está bloqueado → Atribuir avaliação definida pelas regras secundárias  
              **Próximo**  $d$
  6.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  7.             **Se**  $d$  não está bloqueado e tem a melhor avaliação → **Escalonar**  $u$  e todas as UCs com o mesmo ID em  $d$ . Voltar ao ponto 2  
              **Próximo**  $d$
  8.     **Selecionar** a próxima UC  $u \in U_2$  da lista ordenada a escalonar
  9.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  10.             **Se** escalonar  $u$  ou qualquer outra UC com o mesmo ID em  $d$  quebra alguma regra principal → **Bloquear**  $d$
  11.             **Se**  $d$  não está bloqueado → Atribuir avaliação definida pelas regras secundárias  
              **Próximo**  $d$
  12.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  13.             **Se**  $d$  não está bloqueado e tem a melhor avaliação → **Escalonar**  $u$  e as outras UCs com o mesmo ID em  $d$ . Voltar ao ponto 8  
              **Próximo**  $d$
  14.     **Selecionar** a próxima UC  $u \in U_3$  da lista ordenada a escalonar
  15.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  16.             **Se** escalonar  $u$  ou qualquer outra UC com o mesmo ID em  $d$  quebra alguma regra principal → **Bloquear**  $d$
  17.             **Se**  $d$  não está bloqueado → Atribuir avaliação definida pelas regras secundárias  
              **Próximo**  $d$
  18.         **Para**  $d = 1$  até  $D$
  19.             **Se**  $d$  não está bloqueado e tem a melhor avaliação → **Escalonar**  $u$  e as outras UCs com o mesmo ID em  $d$ . Voltar ao ponto 14  
              **Próximo**  $d$
- 

O algoritmo começa por escalonar as UCs do PR (passos 1 a 6). De seguida, escalona as UCs do PNR (passos 7 a 12) e finalmente as UCs optativas (passos 13 a 18). Em cada um dos escalonamentos, o algoritmo percorre todos os dias

do calendário, aplicando o mesmo processo a cada um. Nesse processo, começa por verificar se o dia em observação deve ser bloqueado em função das restrições principais. Caso não seja bloqueado, é-lhe então atribuída uma pontuação em função das restrições secundárias. Depois de bloqueados ou avaliados todos os dias do calendário, procede-se então à escolha do dia de escalonamento.

## 5. Aplicação Desenvolvida

A aplicação desenvolvida para o escalonamento das provas escritas das licenciaturas do ISEG utiliza a linguagem de programação VBA. O Input da aplicação é um ficheiro Excel fornecido pela Secretaria que contém informação sobre todas as unidades curriculares. Como é necessário produzir calendários todos os anos, foi decidido que é melhor continuar a utilizar o ficheiro inicial, atualizando nele a informação necessária para refletir corretamente os planos curriculares, nomeadamente as UCs optativas e os seus respetivos agrupamentos. O facto de a Secretaria usar atualmente o Excel para fazer manualmente o escalonamento das provas escritas foi um fator determinante para a escolha da linguagem de programação utilizada. Para aceder à aplicação, seleciona-se o separador chamado *Aplicação* e clica-se no botão “*Start*”.



*Figura 2 – Separador de início da aplicação*

Ao ser iniciado, o programa lê o input automaticamente, e mostra a página inicial/menu (Figura 3).



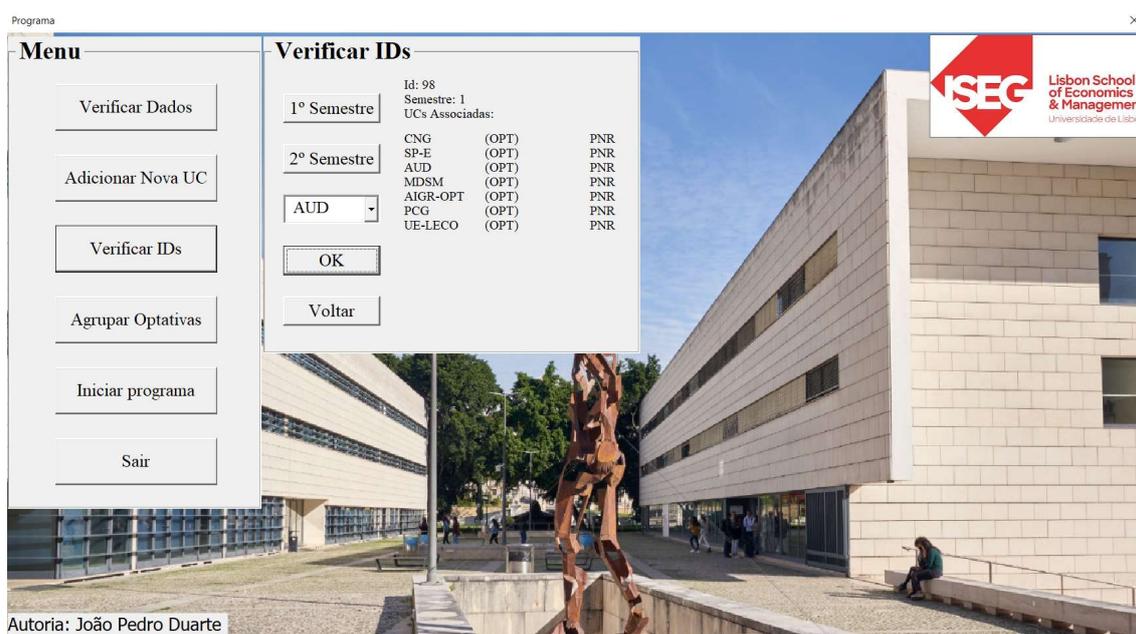
Figura 3 - Menu da aplicação

Dada a importância da integridade do input, a aplicação dispõe de funcionalidades cujo objetivo é verificar se todos os dados do input estão corretos. Uma dessas funcionalidades permite visualizar o plano curricular de cada licenciatura (Figura 4). Para tal, é necessário clicar no botão “Verificar Dados”, selecionar a licenciatura desejada e clicar no botão “OK”.



Figura 4 - Janela de verificação dos planos curriculares

Mais importante ainda, é verificar se os IDs estão definidos corretamente, ou seja, que os grupos de UCs que estes definem estão corretos (Figura 5). Para tal, clica-se no botão “*Verificar IDs*”. De seguida, é necessário selecionar o semestre que se pretende observar, clicando no botão correspondente. Por fim, seleciona-se a UC pretendida e clica-se em “*OK*”. Serão então exibidos o ID associado à UC consultada e as outras UCs com esse mesmo ID.



*Figura 5 - Janela de verificação dos IDs*

Como referido anteriormente, esta aplicação foi desenvolvida com o intuito de ser utilizada pela Secretaria das Licenciaturas durante os próximos anos. Esta é a principal razão para a criação das funcionalidades de verificação da integridade do input referidas. A maioria das alterações que ocorrem anualmente são relativas às UCs optativas, nomeadamente ao seu ID. Isto porque, ao estabelecer os horários semanais antes do início do ano letivo, a Secretaria das Licenciaturas coloca certas UCs optativas no mesmo horário. Assim, ao escolher as UCs optativas que pretende frequentar, o aluno não deve escolher UCs com o mesmo horário, pois obviamente não poderá estar presente em duas aulas ao mesmo tempo.

Posto isto, a aplicação permite alterar os IDs das UCs optativas, sem ser necessário editar diretamente o ficheiro base (Figura 6). No Menu inicial, clica-se no botão “*Agrupar Optativas*”, selecionando depois o semestre pretendido. Irá então aparecer uma nova janela na qual basta selecionar todas as UCs pertencentes a um determinado grupo e clicar no botão “*Adicionar*”. Bastará então repetir este processo até todas as UCs desejadas estarem agrupadas. À medida que os grupos se vão formando, eles são exibidos do lado direito. Depois de concluir todos os agrupamentos, clica-se no botão “*Guardar*”.

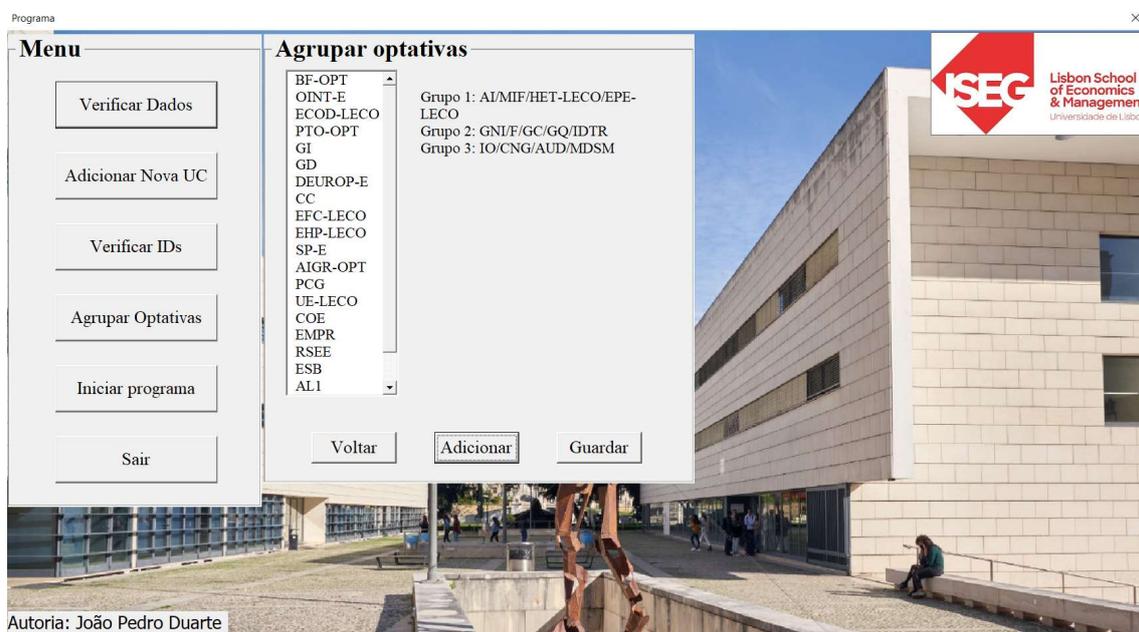


Figura 6 - Janela de agrupamento de optativas

Para obter o calendário das provas escritas, clica-se no botão “*Iniciar Programa*” (Figura 7). Primeiramente, é necessário introduzir o semestre, a época de avaliação pretendida e a data inicial do período de escalonamento.

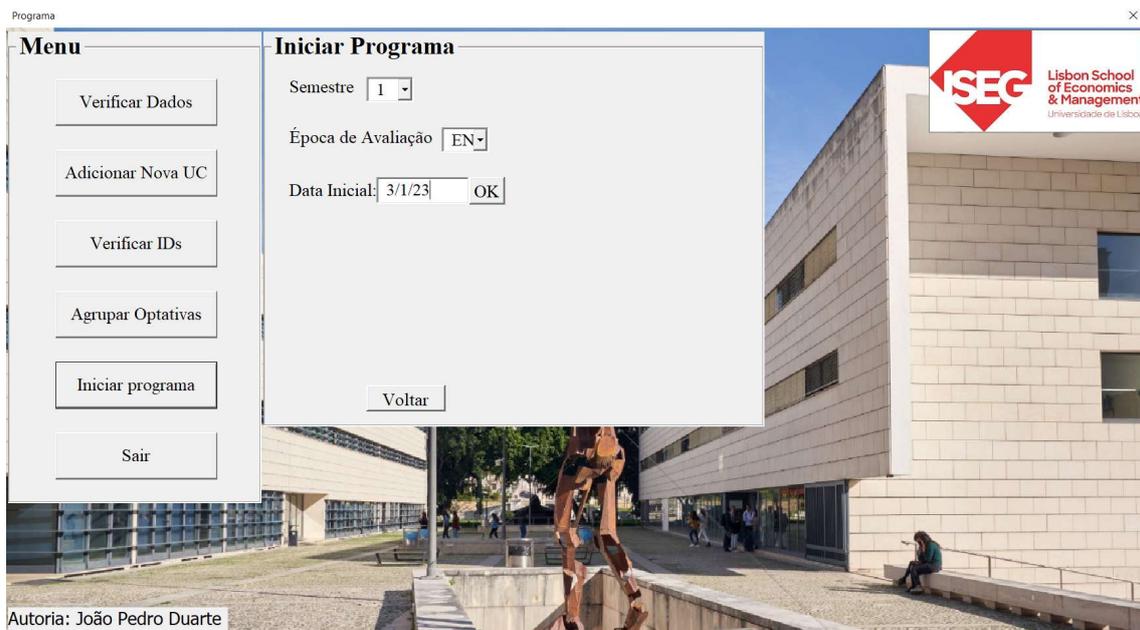


Figura 7 - Janela de início do programa

Ao clicar no botão “OK”, a informação inserida é bloqueada, podendo-se então definir o resto da informação necessária (Figura 8). Essa informação inclui: os dias definidos para Gestão do Desporto (GDES), os dias bloqueados por serem feriado e se se pretende pré-escalonar alguma UC.

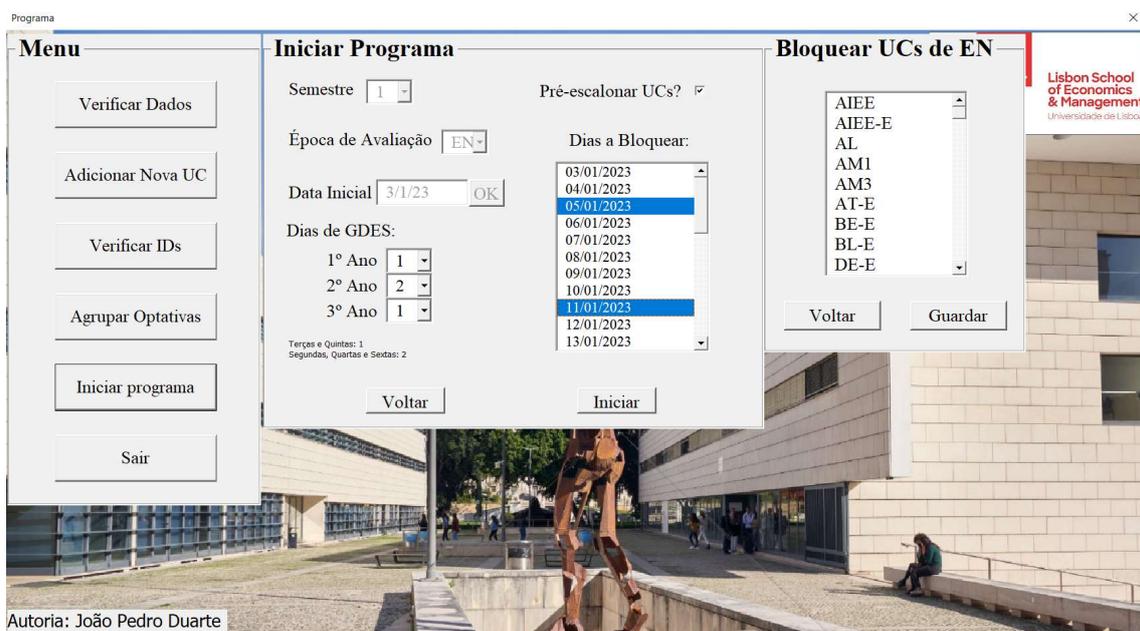


Figura 8 - Janela de bloqueio de UCs de EN

Além disso, é também aberta uma nova janela à direita (Figura 8). Caso tenha sido selecionada a EN, a nova janela permite excluir qualquer UC do escalonamento. Esta funcionalidade foi implementada para lidar com alterações nos métodos de avaliação, pois algumas UCs não utilizam a época normal de avaliação das provas escritas, preferindo apenas uma avaliação contínua ao longo do semestre. Visto que alterações destas não são muito comuns, mas podem ocorrer anualmente, é útil informar o programa sem ter de alterar o input inicial.

Na ER, todas as UCs têm necessariamente uma prova escrita. A duração reduzida desta época de avaliações (uma semana) causa dificuldades adicionais, nomeadamente com as UCs de GDES. Quando é definido que os dias disponíveis para GDES são terça-feira, quinta-feira e sábado, é necessário escalonar UCs no sábado de forma a cumprir as restrições principais. Assim, é aberta uma nova janela na qual é possível selecionar previamente quais as UCs pertencentes a GDES a escalonar no sábado (Figura 9).

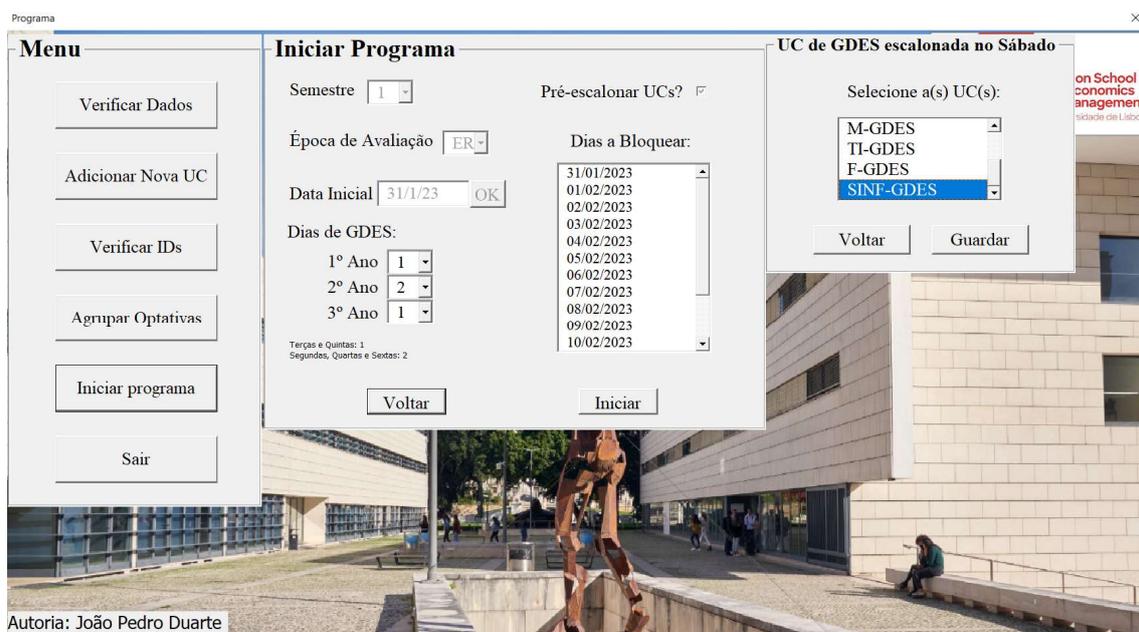


Figura 9 - Janela de escolha de UCs de GDES a escalonar no sábado

Caso tenha sido selecionada a opção de pré-escalonar UCs, depois de clicar no botão “Iniciar” aparece uma nova janela na qual se procede ao pré-escalonamento (Figura 10). Nesta janela, apenas é necessário selecionar a UC ou UCs a escalonar bem como o dia e turno de escalonamento que se pretende.



Figura 10 - Janela de pré-escalonamento

Após inserir toda a informação necessária e selecionar todas as opções pretendidas, podemos então obter o calendário da época de avaliações carregando no botão “Obter Calendário”. Caso o programa não consiga escalonar todas as UCs necessárias, é apresentada uma mensagem com a lista das UCs não escalonadas (Figura 11) e são então produzidos os calendários num novo documento Excel.

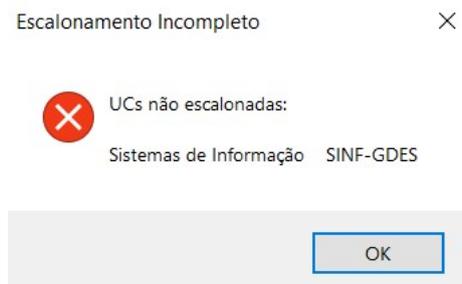


Figura 11 - Lista de UCs não escalonadas

Esse documento tem oito separadores, um para cada licenciatura e um para as optativas.

| Semestre: 1 |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Turnos      | 02/01/2023<br>segunda-feira | 03/01/2023<br>terça-feira | 04/01/2023<br>quarta-feira | 05/01/2023<br>quinta-feira | 06/01/2023<br>sexta-feira | 07/01/2023<br>sábado | 08/01/2023<br>domingo |
| 1           |                             |                           |                            |                            | IG-E                      |                      |                       |
| 2           |                             | ETH-E                     |                            |                            |                           |                      |                       |
| 3           |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 4           |                             |                           | FA2-E                      |                            |                           |                      |                       |

| Turnos | 09/01/2023<br>segunda-feira | 10/01/2023<br>terça-feira | 11/01/2023<br>quarta-feira | 12/01/2023<br>quinta-feira | 13/01/2023<br>sexta-feira | 14/01/2023<br>sábado | 15/01/2023<br>domingo |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1      | E1-E-G                      |                           |                            | CIF-E                      |                           |                      |                       |
| 2      |                             | AT-E                      |                            |                            | BL-E                      |                      |                       |
| 3      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 4      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Turnos | 16/01/2023<br>segunda-feira | 17/01/2023<br>terça-feira | 18/01/2023<br>quarta-feira | 19/01/2023<br>quinta-feira | 20/01/2023<br>sexta-feira | 21/01/2023<br>sábado | 22/01/2023<br>domingo |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1      | M1-E                        |                           |                            | EST1-E                     | HEE-E                     |                      |                       |
| 2      |                             | MAB-E                     |                            |                            |                           |                      |                       |
| 3      |                             |                           | M2-E                       |                            |                           |                      |                       |
| 4      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Turnos | 23/01/2023<br>segunda-feira | 24/01/2023<br>terça-feira | 25/01/2023<br>quarta-feira | 26/01/2023<br>quinta-feira | 27/01/2023<br>sexta-feira | 28/01/2023<br>sábado | 29/01/2023<br>domingo |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1      | EC-E                        | TI-E                      | ACF-E                      |                            |                           |                      |                       |
| 2      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 3      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 4      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| UCs não Escalonadas |                  |               |
|---------------------|------------------|---------------|
| Sigla               | Nome             | Licenciaturas |
| BE-E                | Business English | FNC           |

| Anos Curriculares    |  |        |  |        |  |  |  |
|----------------------|--|--------|--|--------|--|--|--|
| Percurso Recomendado |  |        |  |        |  |  |  |
| 1º Ano               |  | 2º Ano |  | 3º Ano |  |  |  |

| Anos Curriculares     |  |        |  |        |  |  |  |
|-----------------------|--|--------|--|--------|--|--|--|
| Fora Perc Recomendado |  |        |  |        |  |  |  |
| 1º Ano                |  | 2º Ano |  | 3º Ano |  |  |  |

| Semestre: 1 |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Turnos      | 30/01/2023<br>segunda-feira | 31/01/2023<br>terça-feira | 01/02/2023<br>quarta-feira | 02/02/2023<br>quinta-feira | 03/02/2023<br>sexta-feira | 04/02/2023<br>sábado | 05/02/2023<br>domingo |
| 1           |                             | M1-GDES                   |                            |                            |                           | SINF-GDES            |                       |
| 2           |                             |                           |                            | TI-GDES<br>M-GDES          | CGE-GDES                  |                      |                       |
| 3           |                             | F-GDES                    | EST1-GDES                  |                            |                           |                      |                       |
| 4           |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Turnos | 06/02/2023<br>segunda-feira | 07/02/2023<br>terça-feira | 08/02/2023<br>quarta-feira | 09/02/2023<br>quinta-feira | 10/02/2023<br>sexta-feira | 11/02/2023<br>sábado | 12/02/2023<br>domingo |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 2      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 3      | IEC-GDES                    |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 4      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Anos Curriculares    |  |        |
|----------------------|--|--------|
| Percurso Recomendado |  |        |
| 1º Ano               |  | 2º Ano |
| 2º Ano               |  | 3º Ano |

| Anos Curriculares     |  |        |
|-----------------------|--|--------|
| Fora Perc Recomendado |  |        |
| 1º Ano                |  | 2º Ano |
| 2º Ano                |  | 3º Ano |

Figura 12 - Calendário de EN de Finance

| Semestre: 1 |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Turnos      | 30/01/2023<br>segunda-feira | 31/01/2023<br>terça-feira | 01/02/2023<br>quarta-feira | 02/02/2023<br>quinta-feira | 03/02/2023<br>sexta-feira | 04/02/2023<br>sábado | 05/02/2023<br>domingo |
| 1           |                             | M1-GDES                   |                            |                            |                           | SINF-GDES            |                       |
| 2           |                             |                           |                            | TI-GDES<br>M-GDES          | CGE-GDES                  |                      |                       |
| 3           |                             | F-GDES                    | EST1-GDES                  |                            |                           |                      |                       |
| 4           |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Turnos | 06/02/2023<br>segunda-feira | 07/02/2023<br>terça-feira | 08/02/2023<br>quarta-feira | 09/02/2023<br>quinta-feira | 10/02/2023<br>sexta-feira | 11/02/2023<br>sábado | 12/02/2023<br>domingo |
|--------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 2      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 3      | IEC-GDES                    |                           |                            |                            |                           |                      |                       |
| 4      |                             |                           |                            |                            |                           |                      |                       |

| Anos Curriculares    |  |        |
|----------------------|--|--------|
| Percurso Recomendado |  |        |
| 1º Ano               |  | 2º Ano |
| 2º Ano               |  | 3º Ano |

| Anos Curriculares     |  |        |
|-----------------------|--|--------|
| Fora Perc Recomendado |  |        |
| 1º Ano                |  | 2º Ano |
| 2º Ano                |  | 3º Ano |

Figura 13 - Calendário de ER de GDES

Caso o programa não consiga escalonar todas as UCs, cada separador do novo ficheiro Excel criado irá conter uma lista com as UCs respetivas não escalonadas, como se pode observar na Figura 12.

A aplicação tem uma última funcionalidade que produz a “versão escrita” dos calendários produzidos, ou seja, uma lista com todas as UCs escalonadas, as licenciaturas associadas a cada UC escalonada e a data e turno das UCs escalonadas (Figura 14). Esta funcionalidade não é acionada automaticamente quando os calendários são produzidos para que o utilizador da aplicação tenha a possibilidade de adicionar as UCs não escalonadas (caso existam) ao calendário onde pretender.

| Unidade Curricular                   | Sigla      | Licenciatura     | Data       | Hora  |
|--------------------------------------|------------|------------------|------------|-------|
| Matemática I                         | M1-GDES    | GDES             | 12/07/2022 | 09:00 |
| Contabilidade Geral I                | CGE1       | MAEG/FIN/GES/ECO | 12/07/2022 | 09:00 |
| Statistics I                         | EST1-E     | FNC/MNG/ECN      | 12/07/2022 | 09:00 |
| Estatística I                        | EST1-G     | FIN/GES          | 12/07/2022 | 09:00 |
| Estatística I                        | EST1       | ECO              | 12/07/2022 | 09:00 |
| Análise Matemática III               | AM3        | MAEG             | 12/07/2022 | 12:00 |
| Economic and Business History        | HEE-E      | FNC/ECN          | 12/07/2022 | 12:00 |
| História Económica e Empresarial     | HEE        | FIN/ECO          | 12/07/2022 | 12:00 |
| Mathematics II                       | M2-E       | MNG/FNC/ECN      | 12/07/2022 | 12:00 |
| Matemática II                        | M2         | GES/FIN/ECO      | 12/07/2022 | 12:00 |
| Comunicação e Negociação             | CNG        | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Political Sociology                  | SP-E       | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Auditoria                            | AUD        | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Marketing Digital e Social Media     | MDSM       | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Auditoria Interna e Gestão de Riscos | AIGR-OPT   | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Planeamento e Controlo de Gestão     | PCG        | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Urban Economics                      | UE-LECO    | OPT              | 12/07/2022 | 15:00 |
| Laboratório de Estatística           | LEST-LMAEG | MAEG             | 12/07/2022 | 15:00 |
| Econometrics                         | EC-E       | FNC/ECN          | 12/07/2022 | 15:00 |
| Econometria                          | EC         | FIN/ECO          | 12/07/2022 | 15:00 |
| Gestão da Qualidade                  | GQ         | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Introdução ao Direito do Trabalho    | IDTR       | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Behavioral Finance                   | BF-OPT     | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| International Organizations          | OINT-E     | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Economia do Desenvolvimento          | ECOD-LECO  | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| People, Teams and Organizations      | PTO-OPT    | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Fiscalidade                          | F          | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Gestão Corrente                      | GC         | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Espanhol I                           | ESPAN1     | OPT              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Fiscalidade                          | F-GDES     | GDES             | 12/07/2022 | 18:00 |
| Sociology of Work                    | STE-E      | MNG              | 12/07/2022 | 18:00 |
| Sociologia do Trabalho e da Empresa  | STE        | GES              | 12/07/2022 | 18:00 |

Figura 14 - Calendário escrito

O utilizador pode também reestruturar o calendário dentro dos próprios dias. Ou seja, se por qualquer razão, o utilizador quiser alterar o turno em que uma UC está escalonada, poderá fazê-lo com a garantia de que as restrições principais continuam a ser todas satisfeitas. No entanto, se alterar o dia de escalonamento de uma UC, já não terá essa garantia. Além disso, ao alterar o turno de uma UC, é também necessário fazer essa alteração nos outros calendários das UCs com o mesmo ID da UC alterada. Para obter a referida lista de escalonamento das UCs, é necessário voltar ao separador “Aplicação” do ficheiro inicial e clicar no botão “*Calendário Escrito*”. É então criado um novo separador no ficheiro dos calendários com a lista desejada.

## 6. Conclusão

O presente projeto teve como objetivo a construção de uma aplicação que auxiliasse no escalonamento das épocas de avaliação escritas do ISEG, reduzindo substancialmente o tempo despendido pela Secretaria das Licenciaturas nessa tarefa.

Assim, o primeiro passo foi entender todas as características únicas deste problema, principalmente a forma como as diferentes licenciaturas se relacionam entre si, e definir a melhor maneira de descrever todas essas relações, visto que tais relações não estavam detalhadas na documentação relativa às UCs fornecido inicialmente. Para tal, foi então criada a variável ID. Ao mesmo tempo, foi desenvolvida a heurística que serviu como base à criação do código de programação utilizado no VBA. Foi também definida qual a estrutura dos calendários produzidos, sendo esta baseada na estrutura de calendários de anos anteriores, com o intuito de facilitar a sua compreensão pela Secretaria.

De seguida, com a aplicação já capaz de devolver outputs, começou a desenvolver-se o código relativo à heurística, avaliando os calendários obtidos à medida que iam sendo implementadas as restrições principais do problema, e ajustando o código consoante os resultados. Este processo foi realizado primeiramente para o período de avaliação de Época Normal, é só depois para a Época de Recurso. Isto porque na Época Normal, dado o período ser mais alargado, o conjunto de soluções possível é muito superior, aumentando o nível de complexidade do problema. Esta fase foi a mais complicada, em termos de horas despendidas.

Também a pedido da Secretaria, foi acrescentada a funcionalidade de produção automática de um documento Excel que contivesse a informação contida nos calendários produzidos, denominado de Calendário Escrito.

Após conseguir obter consistentemente calendários de EN e ER que cumprissem todas as restrições principais, foi realizada uma reunião com a Secretaria para apresentar e demonstrar o funcionamento da aplicação. Esta reunião permitiu entender algumas práticas utilizadas no processo manual de escalonamento feito todos anos. No entanto, apenas foi possível implementar algumas destas práticas (traduzidas nas restrições secundárias) na aplicação desenvolvida, devido à sua complexidade. Para colmatar o facto de existirem práticas seguidas pela secretaria não contempladas pelas restrições principais e secundárias, foi definido como solução a alteração manual dos calendários obtidos, explicando à Secretaria qual o tipo de alterações disponíveis que continuam a garantir o cumprimento das restrições principais.

Em suma, este projeto conseguiu cumprir com sucesso o objetivo principal a que se propôs: desenhar uma aplicação que permita o escalonamento automático das provas escritas respeitando todas as restrições principais. Mas este projeto foi ainda além daquilo a que se propôs inicialmente. Em primeiro lugar, os calendários obtidos permitem não só satisfazer todas as restrições principais como também grande parte das restrições secundárias, podendo por isso ser usados diretamente pela secretaria das licenciaturas. Em segundo lugar, a componente estética dos calendários resultantes da execução da aplicação foi pensada de modo a facilitar a interpretação e utilização desses mesmos calendários por parte da secretaria das licenciaturas. Isto porque foi usada uma estrutura e um esquema de cores (em particular para cada ano das licenciaturas)

igual ao que era já utilizado no processo manual. Em terceiro lugar, a possibilidade de ajuste manual dos calendários e a obtenção do calendário escrito é também uma mais valia da aplicação desenvolvida. Finalmente, a aplicação foi desenhada de forma muito robusta e versátil, o que permite que esta seja diretamente usada mesmo na presença de mudanças estruturais como por exemplo alterações dos planos curriculares das licenciaturas.

Como trabalho futuro podem ser considerados vários aspetos de melhoramento da aplicação, nomeadamente, a edição dos calendários produzidos com controlos implementados que garantam o cumprimento das regras definidas e também a afetação automática das salas de aula aos exames.

## Referências Bibliográficas

- Ayob M, Malik A, Abdullah S, Hamdan A, Kendall G, and Qu R, 2007. Solving a Practical Examination Timetabling Problem: A Case Study In: Gervasi O, Gavrilova ML (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2007. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 4707. Springer, Berlin, Heidelberg
- Balakrishnan N, Lucena A, Wong R T, 1992. Scheduling Examinations to Reduce Second-Order Conflicts. *Computers & Operations Research*, 19, 353–361
- Brailsford S C, Potts C N, Smith B M, 1999. Constraint Satisfaction Problems: Algorithms and Applications. *European Journal of Operational Research*, 119, 557–581
- Burke E K, Bykov Y, Petrovic S, 2001. A Multicriteria Approach to Examination Timetabling. In: Burke, E., Erben, W. (eds) Practice and Theory of Automated Timetabling III. PATAT 2000. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 2079. Springer, Berlin, Heidelberg
- Burke E K, McCollum B, Meisels A, Petrovic S, and Qu R, 2007. A graph-based hyper-heuristic for educational timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 176, 177–192.
- Burke E K, Newall J P, 1999. A Multi-stage Evolutionary Algorithm for the Timetable Problem, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 3, 63–74
- Carter M W, 1986: A Survey of Practical Applications of Examination Timetabling Algorithms, *Operational Research*, 34, 193–202

de Werra D, 1985. Graphs, Hypergraphs and Timetabling. *Methods of Operations Research*, 46, 201-213.

Desroches S, Laporte G and Rousseau J-M, 1978. Horex: A Computer Program for the Construction of Examination Schedules, *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 16, 294-298.

McCollum B, 2006. University timetabling: Bridging the gap between research and practice. In: Burke EK, Rudová H (eds.): Proceedings of the 6th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling - *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 15–35.

White G M and Chan P-W, 1979. Towards the Construction of Optimal Examination Schedules, *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 17, 219-229.

Duarte T, 2017. Escalonamento de Provas de Avaliação: Uma aplicação. Tese de Mestrado em Métodos Quantitativos para a Decisão Económica e Empresarial: ISEG, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.