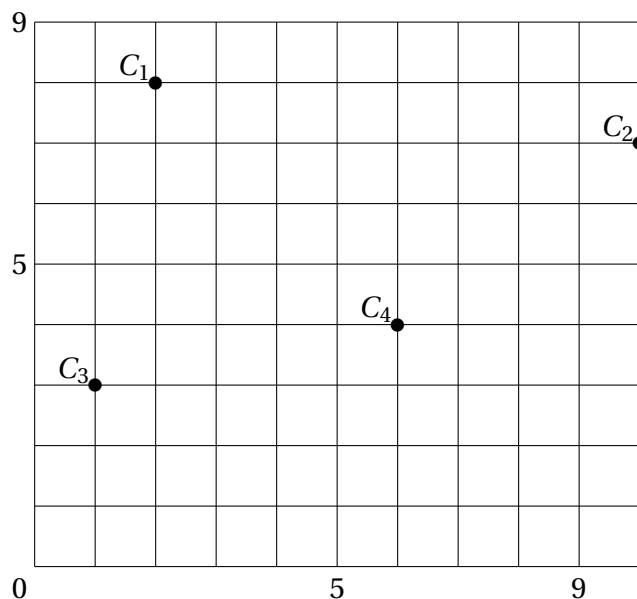


## Modelos Determinísticos de Investigação Operacional

MIEI - UMinho

Trabalho 1 (data de entrega: 23 de outubro)

Considere um conjunto de 5 clientes, designados por  $C_1, \dots, C_5$ . Os clientes  $C_1, \dots, C_4$  estão nos locais indicados na figura, com coordenadas  $(2, 8)^t$ ,  $(10, 7)^t$ ,  $(1, 3)^t$  e  $(6, 4)^t$ , respectivamente. O cliente  $C_5$  tem coordenadas  $(D, E)^t$ , sendo  $ABCDE$  o número de inscrição do aluno do grupo com maior número de inscrição.



Iremos considerar que a distância entre os pontos é medida de uma forma rectilínea, ao longo de linhas verticais e horizontais, naquela que é, por vezes, designada por distância de Manhattan. Dados dois pontos  $(x_1, y_1)^T$  e  $(x_2, y_2)^T$ , a distância entre eles é dada por  $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$ .

### PARTE I

Pretende-se decidir onde construir duas novas instalações, designadas por  $D1$  e  $D2$ , que vão ambas servir os 5 clientes, com o objectivo de minimizar a soma dos custos de transporte entre as novas instalações e os clientes e entre as novas instalações. Este tipo de problemas ocorre, por exemplo, em sistemas de distribuição de mercadorias a partir de um, ou mais do que um, armazéns de abastecimento.

Os custos de transporte mensais são calculados multiplicando o número de deslocações entre dois pontos pela distância que os separa. As deslocações que é necessário efectuar mensalmente entre cada ponto  $D_1$  e  $D_2$ , respectivamente, e os 5 clientes, são as apresentadas na seguinte tabela:

	C1	C2	C3	C4	C5
D1	15	8	17	$CD$	4
D2	4	18	8	4	$DE$

Além destas, há também a considerar 5 deslocações por mês entre  $D_1$  e  $D_2$ .

1. Indique o valor de  $ABCDE$ . Formule este problema como um modelo de programação linear: identifique claramente as variáveis de decisão e os dados, e o significado das restrições e da função objectivo. Teça comentários sobre o desenvolvimento do modelo (ver informação no Anexo).
2. Apresente o ficheiro de input (*cut-and-paste*).
3. Apresente o ficheiro de output produzido pelo programa (*cut-and-paste*).
4. Indique os locais onde  $D_1$  e  $D_2$  devem ser instaladas.
5. Validação do modelo: i) mostre que o custo da solução óptima está correcto, calculando separadamente os custos de transporte de cada instalação para cada cliente e os custos de transporte entre instalações. ii) apresente outros procedimentos efectuados para validar o modelo.
6. Faça *upload* no BlackBoard do ficheiro .1p juntamente com os ficheiros .1p da outra Parte.

## PARTE II

Considere agora este problema independente da Parte I. Pretende-se decidir a localização de uma instalação, designada por  $D_3$ , que vai servir os 5 clientes, com o objectivo de minimizar a maior distância entre  $D_3$  e o cliente mais distante. Este tipo de problemas ocorre na localização de serviços de emergência, como, por exemplo, de hospitais ou de bombeiros, em que se pretende minimizar o tempo máximo que decorre até se iniciar a prestação do serviço.

1. Formule este problema como um modelo de programação linear: identifique claramente as variáveis de decisão e os dados, e o significado das restrições e da função objectivo. Teça comentários sobre o desenvolvimento do modelo e a sua validação (ver informação no Anexo).
2. Apresente o ficheiro de input (*cut-and-paste*).
3. Apresente o ficheiro de output produzido pelo programa (*cut-and-paste*).
4. Indique o local onde  $D_3$  deve ser instalada.
5. Validação do modelo: i) mostre que o custo da solução óptima está correcto, calculando a distância para cada cliente. ii) apresente outros procedimentos efectuados para validar o modelo.
6. Faça *upload* no BlackBoard do ficheiro .1p juntamente com os ficheiros .1p da outra Parte.

## **ANEXO**

### **Objectivo**

Os trabalhos práticos experimentais visam desenvolver a capacidade de analisar sistemas complexos, de criar modelos para os descrever, de obter soluções para esses modelos utilizando programas computacionais adequados, de validar os modelos obtidos, de interpretar as soluções obtidas, e de elaborar recomendações para o sistema em análise.

### **Classificação dos trabalhos**

O aspecto que é mais valorizado é a correcção e a apresentação dos modelos. A apresentação dos modelos deve incluir a identificação das variáveis de decisão e dos parâmetros (dados) e a explicitação da função objectivo e das restrições, mas deverá ser acompanhada de explicações detalhadas e de justificações. Por exemplo, a escolha das variáveis de decisão deve ser justificada, mostrando como é que elas representam as decisões a tomar no sistema real. As restrições (ou os grupos de restrições) devem ser também justificadas com detalhe, mostrando como é que traduzem as regras de funcionamento do sistema e como é que representam as decisões admissíveis. Deve também ser mostrado que a função objectivo traduz uma medida de eficiência do sistema. A dimensão (por exemplo, artigos/mês, horas, etc.) em que estão expressos os vários elementos do modelo (variáveis de decisão, parâmetros, função objectivo, restrições) deve ser claramente indicada.

Outros aspectos que são também valorizados são os relacionados com a metodologia da Investigação Operacional. Por exemplo, o trabalho de validação do modelo, que deve necessariamente incluir uma verificação de que a solução obtida pelo solver é uma decisão admissível, e a tradução da solução do solver numa decisão adequada ao sistema real.

### **Formato do Relatório**

O relatório de cada trabalho experimental deve traduzir a experiência de modelação e resolução dos casos propostos e conter as peças requeridas no enunciado do trabalho.

Poderá incluir a discussão de dificuldades surgidas durante a realização do trabalho.

O relatório deve ser feito em folhas formato A4, ter uma folha de capa com a identificação dos alunos do grupo, do trabalho e da data, devendo o conjunto ser agrafado no canto superior esquerdo.

Não é desejável que o aluno perca muito tempo com a qualidade de "apresentação gráfica", que não é valorizada. O relatório pode incluir texto editado com processador de texto e impresso, texto manuscrito legível, desenhos feitos em computador e desenhos feitos manualmente. É aceitável haver páginas que combinem elementos de todos estes tipos. No caso de haver páginas que tenham uma matriz comum (template), o original com a matriz pode ser fotocopiado, e depois manuscrito.

### **Grupos de Trabalho**

Os trabalhos experimentais devem ser realizados em grupos de 3 ou 4 alunos, excepcionalmente 5. A inscrição nos grupos é feita pelos alunos no BlackBoard > Grupos.

## **Entrega dos Relatórios dos Trabalhos**

A entrega dos relatórios dos trabalhos deverá ser feita:

- alunos de MIEI: no cacifo de correio de Valério de Carvalho (DPS, Braga, 1º piso; após subir as escadas, virar à direita para um corredor estreito, e novamente à direita).
- alunos de MIEGSI: na Secretaria do Departamento de Produção e Sistemas (DPS, Guimarães).

Estudantes com estatuto de trabalhador-estudante que não possam deslocar-se à UMinho poderão fazer o envio para [vc@dps.uminho.pt](mailto:vc@dps.uminho.pt)

## **Outras Informações**

Os trabalhos em que haja uma conduta académica imprópria serão anulados, de acordo com o definido no Art. 108.º do Regulamento Académico da Universidade do Minho (RAUM), e proceder-se-á conforme está definido nesse artigo. A classificação final dos alunos envolvidos nessas situações será "não admitido", pelo que deverão voltar a frequentar a disciplina no ano seguinte.

## **Dispensa de realização de Trabalhos Práticos Experimentais**

### **1. Alunos com estatuto de aluno ordinário**

A classificação obtida nos trabalhos num ano lectivo anterior não dispensa um aluno reprovado da realização dos trabalhos no ano lectivo corrente.

### **2. Alunos com estatuto de trabalhador-estudante**

Segundo está determinado no Artigo 33.º - Regime de frequência - do Regulamento Académico da Universidade do Minho (RAUM):

4. O trabalhador estudante que obtenha aproveitamento na componente de natureza experimental ou componente de trabalho prático num dado ano letivo e sem aproveitamento na respetiva UC fica dispensado de efetuar essa componente no ano letivo seguinte.

Assim, no corrente ano, essa dispensa não é válida para os alunos trabalhadores estudantes que realizaram os trabalhos há dois ou mais anos.

A verificação do estatuto do aluno é feita à data de emissão das classificações, no final do semestre.