



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

MESTRADO

DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJECTO

**REESCALONAMENTO DE EQUIPAS DE ATENDIMENTO PERMANENTE -
CASO PRÁTICO EM TELECOMUNICAÇÕES**

JOANA CLARA ROQUE ROCHA

OUTUBRO - 2015



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

**MESTRADO EM
DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL**

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
TRABALHO DE PROJECTO

REESCALONAMENTO DE EQUIPAS DE ATENDIMENTO PERMANENTE -
CASO PRÁTICO EM TELECOMUNICAÇÕES

JOANA CLARA ROQUE ROCHA

ORIENTAÇÃO:

PROF.^a DOUTORA MARIA CÂNDIDA VERGUEIRO MONTEIRO CIDADE
MOURÃO

OUTUBRO - 2015

- *Ao Benny e à Flor*

Agradecimentos

Na elaboração deste Trabalho Final de Mestrado (TFM) contei com o contributo e auxílio de várias pessoas que quer em conhecimentos técnicos quer em motivação me ajudaram a alcançar este objetivo.

Agradeço à Professora Doutora Maria Cândida Mourão, orientadora deste projeto, pelo contributo técnico, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pela disponibilidade, pelos incentivos e pela dedicação ao longo da realização deste projeto.

A todos os docentes do Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), com quem tive a oportunidade de aprender, em especial aos docentes do Mestrado de Decisão Económica e Empresarial (DEE), por tudo o que me transmitiram e pelo contributo que deram para o meu desenvolvimento académico, pessoal e profissional.

A todos os colegas de trabalho com quem tive a oportunidade de trabalhar ao longo dos últimos anos, por tudo o que me ensinaram e pelas oportunidades que me proporcionaram para me poder superar a cada dia.

Aos meus amigos, pela paciência, pelos conselhos, pela motivação e por tolerarem as minhas ausências.

Ao Davide, pela compreensão, pelo carinho, pela tolerância nos momentos de maior *stress*, pelo apoio constante e por ter estado sempre ao meu lado.

À minha família por todo o apoio, aos meus primos pela animação e pelos momentos de alegria e, em particular à minha tia Alice, por sempre me ter ajudado e porque desde pequena me ensinou a gostar de Matemática.

Por fim, um agradecimento especial aos meus pais, por me incentivarem sempre a fazer mais e melhor, por acreditarem nas minhas capacidades, pelos valores que me inculcaram, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse continuar a estudar, e por serem um exemplo de coragem, de empenho e de força de vontade.

Resumo

Numa equipa de atendimento permanente com um escalonamento pré-definido, qualquer motivo de ausência de um colaborador (baixa, formação, férias, etc.) provoca uma cadeia de alterações nos horários já atribuídos. Atualmente, a forma de ultrapassar o problema consiste em afetar um elemento da equipa à árdua tarefa de realocar os colaboradores aos horários ainda não atribuídos, de forma manual.

Este projeto pretende ultrapassar o problema através do desenvolvimento de uma heurística de reescalonamento que produza uma nova programação de horários.

Inicialmente recorre-se ao VBA para reproduzir o escalonamento pré-definido pela empresa. Após o escalonamento, é programada uma heurística com o objetivo de minimizar o impacto no escalonamento inicial face a imprevistos. O resultado consiste num novo escalonamento tendo em conta restrições associadas a horários imprescindíveis e às limitações inerentes aos contratos laborais de cada colaborador.

Palavras-chave: Reescalonamento, escalonamento, equipa de atendimento permanente.

Abstract

In a permanent attendance team with a predefined schedule, any reason of absence given by an employee (illness, professional qualification, vacation, etc.) causes a chain of changes in the schedules already assigned. Now, the way to overcome the problem is to entrust a team member the arduous task of relocating employees to schedules not assigned yet, has to be done manually.

This project aims to overcome the problem by developing a rescheduling heuristic that produces a new shifting plan.

Initially, resorts to VBA which reproduce the default timetable of the company. After, is defined a heuristic in order to minimize the impact, in case of unexpected problems, in the initial stagger which will result in a new calendar, following all the restrictions associated with crucial schedules and inherent limitations in each employee's contract.

Keywords: Rescheduling, Rerostring, Scheduling, Call-center.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Quadros.....	vi
Índice de Gráficos.....	vi
Índice de Ilustrações.....	vii
Lista de abreviaturas.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Propósitos e motivação do projeto.....	2
1.3. Disposição.....	4
2. Apresentação do problema.....	6
2.1 A linha de cancelamento de cartões bancários.....	6
2.2 O escalonamento da equipa.....	7
2.3 O reescalonamento de ausências.....	9
2.4 A automatização dos processos.....	9
2.4.1 O escalonamento inicial.....	10
2.4.2 O reescalonamento.....	11
3. Revisão bibliográfica.....	15
3.1 Escalonamento.....	15
3.2 Escalonamento aplicável a operadores de <i>call centers</i>	16
3.3 Reescalonamento.....	17
4. Reescalonamento – metodologia e resolução.....	20
4.1 O processo de reescalonamento.....	20
4.2 Modelo para Escolha de Colaborador.....	24

4.3 <i>User Guide</i>	26
4.4 Cenários – resolução de diferentes combinações	29
4.4.1 Cenário I – 1 falta e 1 pedido de troca.....	30
4.4.2 Cenário II – 15 dias de férias.....	31
4.4.3 Cenário III – 3 colaboradores em formação	33
4.4.5 Cenário IV – 2 faltas e 3 pedidos de troca.....	34
Cenário V – 2 faltas e 1 pedido de troca, com compensações.....	35
4.5 Tempos de execução.....	36
5. Conclusão	38
Referências Bibliográficas.....	40
Anexos	44
1. Escalonamento - Fragmento do escalonamento pré-definido.....	44
2. O sistema de reescalonamento.....	45
2.1 Menu do sistema em MS Access	45
2.2 Relatório de apresentação do escalonamento da presente semana	45
2.3 Relatório de apresentação do escalonamento do presente mês	46
2.4 Banco de horas.....	46
2.5 Impossibilidades	47
2.6 Tabela Inserir Feriados	47
2.7 Tabela Inserir Faltas	48
2.8 Tabela Inserir pedido de troca	48
3. Tabelas auxiliares do solver	49
3.1 Matriz diferença de horas entre horários	49
3.2 Matriz distância (faltas).....	49
3.3 Matriz distância (pedidos de troca)	50

Índice de Quadros

Quadro 1- Condições horárias contratualizadas com os colaboradores da equipa.....	7
Quadro 2- Número mínimo de colaboradores por dia da semana.	21
Quadro 3 – Numeração dos horários de trabalho.	24
Quadro 4: restrições de incompatibilidade com o turno l do dia d	26
Quadro 5 - Escalonamento standard (pré-definido pela empresa). Base para a simulação de cenários.	30
Quadro 6 - Reescalonamento após conjeturas do Cenário I.	31
Quadro 7 - Reescalonamento após conjeturas do Cenário II.	32
Quadro 8 - Reescalonamento após conjeturas do Cenário III.	33
Quadro 9 - Reescalonamento após conjeturas do Cenário IV.	34
Quadro 10 - Impossibilidades após execução do Cenário IV.	35
Quadro 11 – Reescalonamento após conjeturas do Cenário V.	35
Quadro 12 - Banco de Horas após execução do Cenário V.	36
Quadro 13 - Tempos de execução do sistema.	36
Quadro 14 - Matriz diferença de horas, entre o fim do horário y e o início do horário z no dia seguinte.	49
Quadro 15- Matriz distância (do horário y ao z) em caso de falta (não pressupõe compensação).	49
Quadro 16 - Matriz distância (do horário y ao z) em caso de pedido de troca (pressupõe compensação).	50

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Tempos de execução do sistema.	37
---	----

Índice de Ilustrações

Ilustração 1 - Fluxograma da automatização do escalonamento.	10
Ilustração 2 - Fluxograma do processo de reescalonamento.	14
Ilustração 3 - Escalonamento pré-definido pela empresa (fragmento relativo ao mês de Janeiro/2015).	44
Ilustração 4 - Menu do sistema em MS Access.	45
Ilustração 5 – Apresentação do escalonamento da semana.	45
Ilustração 6 - Apresentação do escalonamento do mês.	46
Ilustração 7 - Banco de horas.	46
Ilustração 8 - Tabela das impossibilidades determinadas no reescalonamento.	47
Ilustração 9 - Tabela onde são assinalados os feriados adotados pela empresa.	47
Ilustração 10 - Tabela onde são assinaladas as faltas.	48
Ilustração 11 - Tabela onde são assinalados os pedidos de troca.	48

Lista de abreviaturas

ATM - *Automated Teller Machine* (Caixa Automático MULTIBANCO)

DEE – (Mestrado em) Decisão Económica e Empresarial

ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão

MS - *Microsoft*

PLI – Programação Linear Inteira

POS – *Point of Sale* (Terminal de Pagamento Automático)

PREP – Problema de Reescalonamento de Pessoal

SIBS FPS – Sociedade Interbancária de Serviços *Forward Payment Solutions*

VBA – *Visual Basic for Applications*

1. Introdução

1.1 Enquadramento

Durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano funciona em Portugal uma linha de apoio à rede multibanco que permite cancelar cartões roubados e perdidos de todos os bancos a atuar em Portugal. Esta equipa é constituída por 13 atendedores de chamadas e o coordenador de equipa. O número de colaboradores necessários por cada turno varia consoante o número médio de chamadas recebidas em cada período. Desta forma, nos dias úteis são necessários vários colaboradores durante o dia (altura em que o volume de chamadas é maior) enquanto que durante a noite, fins de semana e feriados o número de colaboradores necessários por período é menor.

Cada vez que uma chamada não é atendida por não haver um colaborador disponível naquele momento, designa-se de chamada rejeitada. O número de chamadas rejeitadas tem uma grande influência na avaliação anual individual de cada colaborador e no prémio individual que cada um recebe relativo à distribuição de resultados da empresa no respetivo ano.

Para que seja possível minimizar as consequências dos furtos/roubos de cartões multibanco é essencial manter a linha de atendimento disponível e com colaboradores suficientes. A disponibilidade da linha coaduna-se com a possibilidade de fazer face a picos de chamadas (maior volume de entradas na linha) a qualquer momento.

Todos os anos, no mês de dezembro, o coordenador de equipa reproduz um escalonamento pré-definido em ciclos de 112 dias para o próximo ano, copiando e colando numa nova folha de MS Excel. Estes dias são os necessários a 4 ciclos, por forma a abranger a totalidade do ano seguinte. Depois, identifica os feriados (o

escalamento pré-definido está elaborado por dia da semana, apenas não considera feriados) e retira os horários que não funcionam nesses dias.

O problema identificado nesta equipa surge quando, por algum motivo, um ou mais colaboradores não podem cumprir o horário pré-definido. São vários os motivos que podem levar um colaborador a não poder desempenhar as suas funções: doença (baixa ou outra falta por justificação legal), férias, tolerância de ponto, formação, utilização de horas do banco de horas, pedido de troca e ausência sem justificação. Neste contexto, entende-se por **banco de horas** o repositório de horas que indica a diferença entre o número de horas trabalhadas pelo colaborador e o número de horas inicialmente previsto no escalamento.

Atualmente, a forma de ultrapassar este inconveniente passa por uma tarefa árdua e morosa desempenhada pelo coordenador de equipa e efetuada de forma manual. Este tenta conciliar os horários por preencher com os colaboradores que poderão desempenhar funções nesse turno.

É neste contexto que surge o propósito do presente estudo: criar uma ferramenta computadorizada, apenas recorrendo aos recursos informáticos existentes na empresa (sem recorrer à aquisição de novos softwares), que permita, face a um imprevisto, gerar uma resposta que se traduzirá num novo escalamento, respeitando as restrições de horários por parte dos colaboradores identificadas *a priori*¹.

1.2 Propósitos e motivação do projeto

O presente estudo constitui uma forma de aprofundar os conhecimentos obtidos ao longo das aulas do Mestrado em Decisão Económica e Empresarial, nomeadamente, na conjugação de conhecimentos nas áreas de Investigação Operacional e Computação.

¹ Locução latina que significa “Antes de”.

A motivação em desenvolver este estudo está associada à vontade de construir algo que possa melhorar, tornar mais eficiente e menos desagradável, a tarefa de reconstruir um escalonamento para esta equipa. Com base neste propósito, o objetivo deste projeto é tornar o processo de reescalonamento “o mais automatizado possível” e reduzir a intervenção humana à introdução de inputs (indicação de feriados da empresa, **faltas** de colaboradores - i.e., ausências que não serão compensadas posteriormente -, e **pedidos de troca** de turno – i.e., ausências que terão de ser compensadas no futuro pelo colaborador que solicitou o pedido) na ferramenta, uma vez que estes fatores apresentam um carácter dinâmico, e por isso, não são passíveis de considerar como conjeturas.

A automatização do processo de reescalonamento divide-se em quatro fases:

- i) Inicialmente é gerado um escalonamento em MS Access² utilizando o VBA³ para replicar os ciclos de 112 dias utilizados, atualmente, pela equipa;
- ii) Após o escalonamento estar gerado em MS Access, os dados são carregados num ficheiro de MS Excel e através do VBA, com recurso ao Solver⁴/Excel, é gerado um novo escalonamento;
- iii) Efetuado o reescalonamento, o MS Excel é de novo utilizado para a transferência de resultados para o MS Access para serem apresentados já sob forma de horários;
- iv) Para que o processo se torne simples ao utilizador final, o último objetivo do projeto será conseguir interligar estas três dinâmicas (MS Access → MS Excel → MS Access) num só programa (MS Access) e chamar através de VBA de MS Access os procedimentos efetuados pelo VBA de MS Excel.

² O MS Access e o MS Excel podem ser descarregados em: office.microsoft.com

³ Pode ser descarregado através do link: www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40326

⁴ Solver/Excel é um add-in do MS Excel. Mais detalhes em www.solver.com.

Desta forma, o utilizador interage apenas com o ambiente de MS Access, não necessitando de abrir o MS Excel, nem de utilizar o VBA.

1.3. Disposição

A exposição deste trabalho de projeto inicia-se com uma introdução ao tema abordado onde é apresentada a origem do problema em estudo, as motivações e propósitos associados ao mesmo e a estrutura do projeto.

O capítulo seguinte (2), começa por descrever a linha de atendimento que serviu de base a este projeto, onde também é efetuado o enquadramento do problema e a apresentação do escalonamento pré-definido pela empresa, assim como, as regras a considerar para que possa ser gerado por um período mais longo. Ainda neste capítulo, são apresentados os protótipos dos processos de automatização programados para gerar o escalonamento final.

No terceiro capítulo, é elaborada uma revisão bibliográfica que considera estudos no âmbito de escalonamento e no reescalonamento de pessoal, tomando especial enfoque nos estudos aplicados a equipas de operadores de centrais telefónicas. Faz-se assim o enquadramento do presente trabalho.

No capítulo 4, é apresentada toda a forma como o estudo foi conduzido, evidenciando, essencialmente, a metodologia utilizada e a programação de suporte ao sistema criado para gerar o reescalonamento. É ainda apresentado, neste capítulo, um *User Guide* explicando as funcionalidades que a ferramenta permite efetuar e os procedimentos necessários para o fazer. A geração de um conjunto de cenários, com diferentes combinações de ausências é utilizada para explicar o reescalonamento gerado pelo sistema, ausência a ausência. Por último, é apresentado um conjunto de situações com

números mais elevados de ausências, para testar a velocidade de execução da ferramenta.

As conclusões obtidas com o presente estudo constam no último capítulo, que inclui também a apreciação dos pontos de melhoria e das mais-valias alcançadas com o projeto.

2. Apresentação do problema

2.1 A linha de cancelamento de cartões bancários

Num serviço de atendimento permanente é essencial manter um número de colaboradores, por turno, suficiente para fazer face à procura, por forma a garantir o bom funcionamento do serviço e a satisfação dos clientes. Este facto toma especial e acrescida importância quando se refere à linha de atendimento⁵, de âmbito nacional, para cancelamento de cartões bancários perdidos ou roubados.

Em Portugal, existem ativos mais de 19 milhões de cartões bancários repartidos pelos vários bancos emissores de cartões, originando, em média, um valor aproximado de 2 cartões por habitante.

Desde levantamentos (ATM) e pagamentos de compras (POS), que constituem as operações mais frequentes, até às operações mais recentes disponíveis em qualquer ATM (como, por exemplo, obtenções de licenças e carregamentos de título de transporte), temos à nossa disposição uma panóplia de opções através de um simples cartão bancário. Atualmente, o cartão bancário é um elemento indispensável no dia-a-dia, sendo parte integrante dos objetos pessoais, estando, por isso, constantemente exposto a um elevado nível de risco.

A maior preocupação de qualquer cliente, ao perceber que não encontra o cartão de multibanco, passa a ser tentar cancelá-lo para que ninguém possa utilizar o saldo que nele se encontra disponível. Apesar de a maioria dos cartões bancários serem protegidos, com um *pin* de 4 algarismos para realização de operações de multibanco e para a maioria dos pagamentos de serviços e compras, existem operações que não exigem *pin*, como, por exemplo, o pagamento de portagens.

⁵ Linha de atendimento da SIBS FPS para cancelamento de cartões perdidos ou roubados (808 201 251).

O bom funcionamento da linha de atendimento reduz o tempo de espera para o cancelamento do cartão, contribuindo assim para a diminuição do número de fraudes com cartões roubados. Assim, para além de melhorar a prestação do serviço aos clientes ao reduzir o número de chamadas rejeitadas, melhora-se o desempenho da equipa e a avaliação individual de cada colaborador.

2.2 O escalonamento da equipa

O problema de escalonamento surge quando o período de funcionamento de uma organização, equipa ou serviço é superior ao tempo de trabalho contratual de cada trabalhador no mesmo período. Numa equipa de atendimento permanente é crucial fazer um bom escalonamento para garantir a continuidade da prestação de um serviço de qualidade.

A equipa de atendimento telefónico em estudo, é composta por 13 colaboradores (A a M) e pelo respetivo coordenador. Os 13 colaboradores ingressaram na empresa em diferentes fases tendo diferentes contratos e diferentes horários, conforme o Quadro 1:

Grupo	N.º Colaboradores	N.º de horas por horário	Descrição válida por 112 dias
A a H	8	6	Todos os dias. Trabalham 4 dias e descansam 2, durante 6 semanas consecutivas (42 dias). Durante as 2 semanas seguintes trabalham 5 dias e descansam 2.
I, J e K	3	7	Apenas dias úteis.
L e M	2	8	Dias úteis e sábados.

Quadro 1- Condições horárias contratualizadas com os colaboradores da equipa.

Atualmente, o escalonamento encontra-se pré-definido para um período de 112 dias (16 semanas) segundo as seguintes regras:

- Para os oito colaboradores (A a H) de 6 horas:

Os horários de 6 horas dividem-se entre os quatro horários essenciais (01h00-07h00, 07h00-13h00, 13h00-19h00, 19h00-01h00) necessários todos os dias do ano, e em dois

horários suplementares (08h00-14h00, 13h00-19h00) que apenas funcionam nos dias úteis. Cada colaborador está alocado a um horário essencial durante quatro dias, após esses quatro dias, folga dois, e depois passa para o horário anterior. Este processo repete-se durante seis semanas. Completadas as seis semanas, trabalha 5 dias num horário suplementar, folga dois dias e é alocado ao outro horário suplementar durante mais 5 dias. Depois, folga dois antes de voltar ao ciclo de quatro dias.

- Para os três trabalhadores (I, J e K) com horário de 7 horas:

Cada colaborador está alocado a um dos três horários diferentes (08h30-16h30, 09h30-17h30, 10h00-18h00)⁶ e, todas as semanas, trocam e ficam alocados ao horário anterior, ou seja, o colaborador que estava alocado ao horário com início às 10h passa para o horário das 9h30, o das 9h30 passa para as 8h30 e o das 8h30 para as 10h. Apenas trabalham nos dias úteis.

- Para os dois trabalhadores (L e M) de 8 horas:

Cada colaborador está alocado a um dos dois horários diferentes (09h00-18h00;10h00-19h00)⁷ e trocam de horário de 4 em 4 semanas. O colaborador que está afeto ao horário 09h00-18h00 apenas trabalha nos dias úteis, enquanto o colaborador que está afeto ao horário 10h00-19h00 trabalha de terça a sábado. Na primeira semana após a troca, o colaborador que vem do horário 10h00-19h00 não trabalha na segunda-feira e o que vem do horário 09h00-18h00 trabalha à segunda e folga à quinta. Não trabalham aos domingos nem feriados.

No fim de cada ano civil, o coordenador de equipa replica o escalonamento para o ano seguinte num ficheiro de MS Excel ("Escalonamento pré-definido", ver Anexo 1) e sinaliza os feriados da empresa, suprimindo os horários que não funcionam em feriados.

⁶ Nos horários de 7 horas, a duração corresponde a 8 horas porque inclui 1 hora para almoço.

⁷ Nos horários de 8 horas, a duração corresponde a 9 horas porque inclui 1 hora para almoço.

Este processo “manual”, para além de moroso, está também bastante exposto à ocorrência de erros.

2.3 O reescalonamento de ausências

Na prática atual corrente, cada vez que um colaborador se ausenta, o coordenador de equipa tem que analisar, caso a caso, quais as opções disponíveis para a substituição daquela vaga. Quando existem ausências em simultâneo, como, por exemplo, marcação de férias, esta tarefa torna-se muito desgastante e absorve muito tempo apenas para conseguir afetar um colaborador ao horário em falta.

Note-se que no processo de reescalonamento, para alocar um colaborador a uma ausência não basta apenas garantir que o colaborador tenha trabalho atribuído nesse turno. Para reescalonar uma falta é pois necessário respeitar a legislação em vigor na equipa, ou seja: as normas internas da organização; a legislação geral do país, como é o caso do Código de Trabalho; bem como os normativos assinados no contrato individual de cada colaborador.

Para além das normas, é importante ter também em consideração que o trabalho por turnos, se sobrecarregar trabalhadores, pode ter um efeito negativo na sua saúde. O reescalonamento deve ter em consideração o pressuposto de que cada pessoa necessita de um período de descanso suficiente para não pôr em causa o seu desempenho profissional e o seu equilíbrio físico e mental.

2.4 A automatização dos processos

Para aumentar a eficiência na elaboração do escalonamento da equipa e, posteriormente, no reescalonamento de ausências, surgiu a oportunidade de criar um “simulador”. Assim, pretende-se que este crie o escalonamento inicial, de acordo com as regras da

empresa, e após a introdução dos pedidos de ausência (faltas e pedidos de troca), gere um novo reescalonamento de forma automatizada.

A automatização do processo permite tanto manter a qualidade do serviço prestado aos utilizadores dos cartões bancários, como aumentar a eficiência da tarefa, uma vez que o tempo de execução do programa será muito inferior ao tempo despendido atualmente, para efetivar o reescalonamento de forma manual.

2.4.1 O escalonamento inicial

A automatização do processo de escalonamento é efetuada de acordo com os passos que se representam na Ilustração 1:

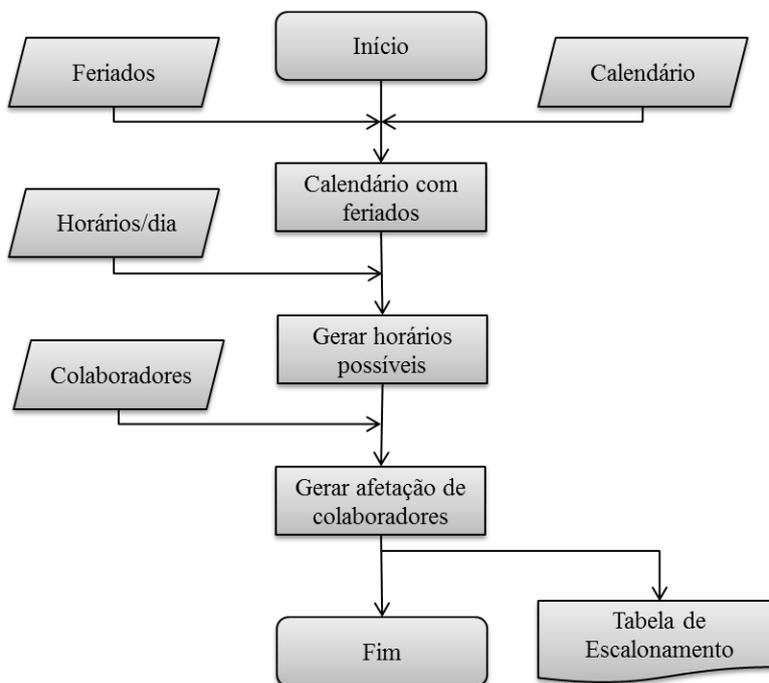


Ilustração 1 - Fluxograma da automatização do escalonamento.

- Inicialmente, criam-se como inputs as tabelas: *Calendário*, *Feriados* e *Horários/dia*. A tabela *Calendário* é fixa e, tem data até 31/12/2030. A tabela *Feriados* é uma tabela modificável para que, todos os anos, possam ser introduzidos os feriados legais e as tolerâncias de ponto cedidas pela empresa. A tabela *Horários/dia* é uma tabela fixa e indica os horários laborais por dia da semana (ou feriado, se aplicável).

- Com base na ligação das tabelas anteriores, é gerada uma tabela com todos os horários existentes por dia do calendário, tabela *Horários Possíveis*.

- De seguida, entra no sistema a tabela com a informação sobre os *Colaboradores* e é gerada a afetação aos horários existentes, *ipsis verbis*⁸ ao escalonamento pré-definido com ciclos de 112 dias, apresentado no ficheiro MS Excel de escalonamento da equipa.

- No fim desta primeira fase, temos como *output* uma tabela de escalonamento com a afetação de horários gerada até fim de 2030.

Este procedimento apenas necessita de ser gerado aquando da introdução de dados na tabela *Feridos*. Se a informação sobre os feriados da empresa estiver atualizada, o escalonamento mantém-se fixo para qualquer que seja o reescalonamento. Ou seja, se no início de cada ano forem introduzidos os feriados na tabela, este procedimento apenas necessita de ser executado ano a ano.

2.4.2 O reescalonamento

A automatização do processo de reescalonamento (Ilustração 2) é um pouco mais complexa que a do escalonamento, e é efetuada de acordo com as seguintes fases:

- De início, considera-se como input, a tabela *Escalonamento*, gerada pelo sistema e, a tabelas de input manual, *Faltas* que nos indica as faltas perspectivadas por colaborador para determinado dia. O sistema começa por analisar todas as faltas e só após ter gerado uma solução para cada ausência, inicia a análise dos pedidos de troca.

- Através da tabela *Faltas*, é identificada uma a uma, cada ausência no escalonamento inicial. Cada vez que o sistema identifica uma ausência, pesquisa qual o colaborador que poderá substituir essa ausência, recorrendo ao Solver/Excel para minimizar as diferenças relativamente ao escalonamento inicial, afetando um único trabalhador por ausência e respeitando as seguintes restrições - o trabalhador a alocar à ausência:

⁸ Locução latina que significa “Exatamente igual”.

- não poderá ter trabalhado nas 12 horas imediatamente anteriores ao início do turno;
- não poderá iniciar um novo turno nas 12 horas imediatamente a seguir ao turno da ausência;
- não poderá trabalhar mais de 5 dias consecutivos, tendo em conta o seu anterior escalonamento e o turno da ausência.

- Após encontrar um colaborador, é feita a alteração na tabela de escalonamento e verifica-se se é necessário compensar essa troca. Tal é o caso, por exemplo se o colaborador que ficar afeto ao turno da ausência estivesse inicialmente de folga nesse dia, sendo necessário, numa próxima oportunidade, “devolver” (em forma de folga) as horas trabalhadas em excesso.

- Após reescalonar todas as faltas, é necessário reescalonar os pedidos de troca. Para tal, recorre-se à tabela *Pedidos de Troca*, que entra nesta fase no sistema, como input.

- O processo de reescalonamento dos pedidos de troca é idêntico ao processo de reescalonamento das faltas. Começa-se por analisar, um a um, por ordem crescente de data e número do horário (de 1 a 15 – 11 horários e 4 folgas), os pedidos existentes e recorre-se ao Solver/Excel para selecionar que colaborador alocar à ausência. As restrições de alocação de um colaborador à ausência mantêm-se iguais às anteriores. Caso o colaborador que substitua a ausência estivesse de folga, o sistema irá procurar o próximo dia em que seja possível compensar este pedido de troca. Ao contrário das faltas, a compensação dos pedidos de trocas abrange duas situações:

- o colaborador que pediu para trocar terá de ser afeto a um horário num dia em que inicialmente estaria de folga e,
- o colaborador que o substituiu terá de ser afeto a uma folga num dia em que seria suposto ir trabalhar.

Quando já não existirem mais ausências para reescalonar, então, significa que a tabela de horários reflete o novo reescalonamento.

A metodologia de reescalonamento será explicada em detalhe no capítulo 4, aquando da abordagem aos métodos de resolução.

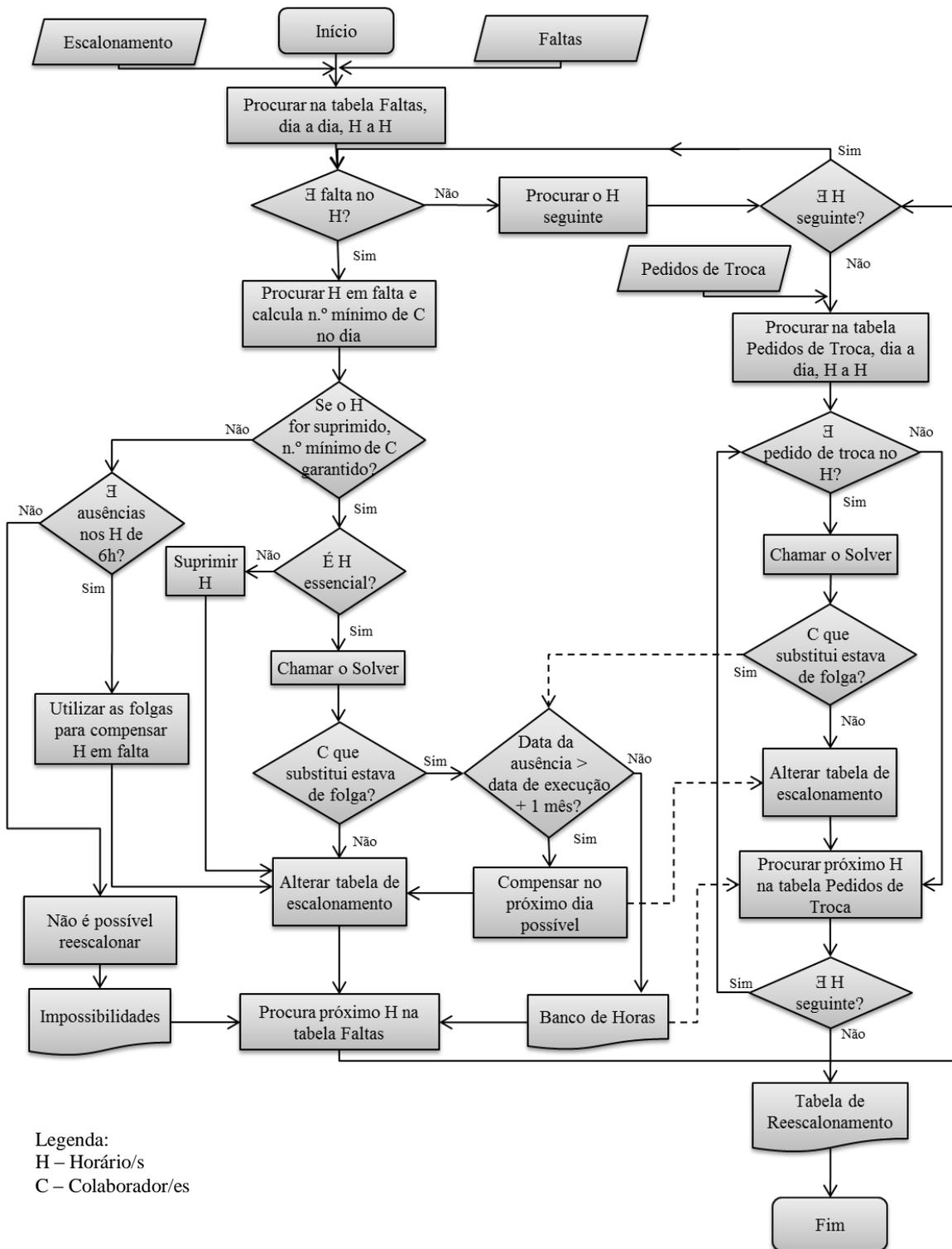


Ilustração 2 - Fluxograma do processo de reescalonamento.

* Resolução do problema de afetação de colaboradores através do Solver/Excel.

3. Revisão bibliográfica

Neste capítulo, serão apresentados estudos existentes na literatura acerca de escalonamento e reescalonamento de pessoal, abordando sempre que possível, o problema adaptado a equipas de operadores de *call centers*.

Na literatura existem vários estudos sobre escalonamento desde os anos 50 do séc. XX, mas o reescalonamento só começou a constituir âmbito de estudo nas últimas duas décadas. Relativamente ao escalonamento de pessoal, os trabalhos em *call centers* são os que cativam mais atenção por parte dos investigadores, logo após os de contexto hospitalar. Foram muitos os estudos abordados nestas áreas, no entanto, apenas serão apresentadas as investigações que congregam características mais aproximadas ao objetivo deste projeto.

3.1 Escalonamento

O escalonamento de pessoal teve início na década de 50, com uma formalização de cobertura proposta por (Dantzig, 1954), para o problema de escalonamento de tempos de pausa/trabalho por dia. O objetivo consiste em selecionar os escalonamentos que minimizam o número total de trabalhadores, mantendo o nível de serviço constante em cada período. No entanto, este modelo apresenta um grande inconveniente quando o número de ausências aumenta tornando-se de difícil resolução.

(Segal, 1974), (Henderson & Berry, 1976) e (Henderson & Berry, 1977) desenvolveram estudos em centrais telefónicas com padrões de variação semelhantes ao longo da semana, optando por um algoritmo de *branch-and-bound* para resolver o problema de cobertura generalizado formulado.

(Monroe, 1970) estuda um procedimento de tentativa e erro, para a resolução do problema de escalonamento em operadores de bagagens em aeroportos. (Rothstein,

1972) formaliza o problema de Monroe em PLI, e resolve-o pelo método do Simplex, uma vez que o problema em causa goza da propriedade de integralidade.

(Laporte, et al., 1980) estudam o problema de escalonamento por turnos em serviços públicos e indústrias e, propõem a resolução de um problema de PLI onde vão introduzindo cortes para gerar conjuntos de escalas admissíveis.

No âmbito de saúde, (Murray, 1971) e (Ahuja & Sheppard, 1975), baseados em regras simples, automatizam o procedimento manual utilizado nos hospitais. (Rosenbloom & Goertzen, 1987) estudam o problema de escalonamento cíclico dos períodos de trabalho propondo um algoritmo em 3 fases: i) criação de um conjunto de escalas admissíveis, ii) formalização e otimização de um problema de PLI e iii) produção de um mapa com a solução ótima.

3.2 Escalonamento aplicável a operadores de *call centers*

As abordagens ao estudo de escalonamento adaptado a operadores de centrais telefónicas têm início no final da década de 70 do século XX.

(Buffa, et al., 1976) calculam o número de operadores de *call centers* necessários, por unidade de tempo, através de previsões de procura de serviço, utilizando modelos de fila de espera.

(Keith, 1979) generaliza o modelo de cobertura aplicando-o a *call centers*. Numa primeira fase, é calculado o nível de serviço mínimo e, numa segunda fase, é efetuado o escalonamento tendo em conta os níveis de pessoal necessários em cada período.

(Bechtold & Jacobs, 1990) desenvolvem uma abordagem limitada a problemas de agendamento com menos de 24 horas por dia. (Thompson, 1997) desenvolve um modelo mais complexo que o de (Dantzig, 1954), com níveis de serviço mínimos por

período e adicionando uma restrição sobre o nível de serviço médio e, resolve-o desenvolvendo uma aplicação computacional mais eficiente.

(Atlason, et al., 2004) optam por utilizar o modelo de (Thompson, 1997) ajustado a casos em que o nível de serviço é obtido através de simulação. Para a sua resolução aplicam técnicas de planos de corte (Gomory, 1958). (Ingolfsson, et al., 2007) introduzem a noção de que os intervalos de planeamento não são independentes.

(Cezik & L'Ecuyer, 2008) descrevem uma generalização do método de (Atlason, et al., 2004) usando a PLI associada a um método de simulação no contexto de centros de atendimento. (Pot, et al., 2008) resolvem o mesmo problema por meio de uma relaxação Lagrangeana.

3.3 Reescalonamento

A investigação sobre o problema de reescalonamento de pessoal tem surgido, essencialmente, desde meados da década de 90 do século XX.

(Warner, 1976) tinha já referido que em situações de impossibilidade de cumprimento, o problema pode ser resolvido criando um grupo de reserva de enfermeiras que possam substituir as que não podem desempenhar funções. (Weil, et al., 1995) utilizam um método de resolução que passa por gerar escalas admissíveis através de técnicas de programação por restrições, cabendo ao decisor a opção final. (Cumming, et al., 2000) desenvolvem um estudo sobre a elaboração de horários escolares, com o objetivo de minimizar as alterações aos horários já planeados.

Moz e Pato têm desenvolvido uma série de estudos com vista à resolução do problema de reescalonamento em contexto hospitalar, utilizando como exemplo um hospital da região de Lisboa. (Moz & Pato, 2003) estudam um modelo de fluxo multimercadarias com variáveis inteiras. Neste artigo, definem uma rede com três conjuntos de nodos:

nodos de origem, nodos de destino e nodos de fluxo que constituem as tarefas/turnos a desempenhar por cada enfermeira (que consistem nos níveis do fluxo). Os serviços prestados pelas enfermeiras são as mercadorias consideradas no fluxo. Neste modelo, são considerados dois tipos de restrições: i) compulsivas, que têm de ser cumpridas, e ii) flexíveis, que devem ser cumpridas sempre que possível mas não são restritivas para o modelo, servindo apenas para avaliação das soluções obtidas. Os resultados foram alcançados através de dois métodos. A resolução do modelo de PLI que permite encontrar uma solução ótima, mas apresenta um tempo de execução mais longo, e uma heurística construtiva capaz de gerar soluções admissíveis, razoavelmente próximas da solução ótima e com um tempo de execução muito mais rápido. (Moz & Pato, 2004) melhoram o estudo desenvolvido no ano anterior conseguindo diminuir o tempo de execução através da agregação de nodos correspondentes às mesmas tarefas. (Moz & Pato, 2007) continuam a melhorar a metodologia estudada nos anos anteriores mas, desta vez, com a incorporação de um algoritmo genético na heurística construtiva. (Moz & Pato, 2008) estudam o problema de reescalonamento com duplo objetivo. No método de resolução juntam uma estratégia utópica ao conceito de elitismo (através do ranking de Pareto) para diferenciar a população, conseguindo assim melhores resultados computacionais.

Ainda em contexto hospitalar, (Bard & Purnomo, 2005) estudam um problema com duplo objetivo utilizando uma abordagem em que são geradas colunas correspondentes aos horários alternativos, através de uma heurística de dupla troca. As soluções obtidas deverão apresentar uma distribuição/alocação uniforme de enfermeiras e minimizar a contratação de novas empregadas. (Clark & Walker, 2011) investigam o problema de reescalonamento de pessoal de enfermagem utilizando duas abordagens. A primeira visa minimizar o número de alterações relativamente ao planeamento inicial. Na segunda,

reconhecendo-se que cada ausência gera níveis de perturbação diferentes, são atribuídas penalidades a cada mudança. Em ambos os casos são consideradas as preferências por parte das enfermeiras através de penalizações.

4. Reescalonamento – metodologia e resolução

No capítulo 2, foi apresentada a automatização do processo de reescalonamento, em termos gerais. Neste capítulo, são apresentadas as regras utilizadas na programação, a formulação matemática inerente e os resultados obtidos com a resolução do problema de reescalonamento.

4.1 O processo de reescalonamento

Para simplificar o processo de reescalonamento é necessário criar condições restritivas que permitam redimensionar o problema, tornando-o passível de solucionar com as ferramentas disponíveis (*MS Access* e *MS Excel*).

Na resolução do Problema de Reescalonamento de Pessoal (PREP) foram considerados vários níveis de condições:

- i) Condições de equipa
- ii) Condições individuais
- iii) Condições de reescalonamento.

Cada um destes grupos de restrições terá diferentes implicações no escalonamento gerado pelo sistema. Todas condicionam o input do Solver e, conseqüentemente, o resultado do processo de reescalonamento.

i) Condições de equipa

Se o número de trabalhadores alocados no dia for superior ao número mínimo de colaboradores estipulado para esse dia, dizemos que existe **sobrecobertura**. Para cada dia da semana, é necessário garantir um certo número mínimo de colaboradores, para que seja possível manter a operacionalidade do serviço. O número mínimo de

colaboradores (serviços mínimos) está estipulado pela equipa e varia conforme o Quadro 2.

Dia da semana	N.º mínimo de colaboradores	N.º de horários essenciais (6 h)	N.º mínimos de outros horários (6 h suplementares, 7 h ou 8 h)
Dias úteis	9	4	5
Sábados	5	4	1
Domingos ou feriados	4	4	0

Quadro 2- Número mínimo de colaboradores por dia da semana.

A regra essencial no escalonamento dos horários da equipa consiste em manter os 4 horários essenciais, todos os dias do ano. Assim, os horários essenciais nunca se podem suprimir tendo de ter sempre um colaborador alocado.

ii) Condições individuais

No processo de reescalonamento, quando é efetivada a alocação de um colaborador a um horário, é imprescindível pela lei do trabalho garantir as seguintes condições:

- 1) só pode trabalhar, no máximo, 5 dias consecutivos;
- 2) apenas pode trabalhar 1 turno por dia;
- 3) não pode ser afeto a dois horários distintos com um intervalo inferior a 12 horas, representando o tempo de descanso mínimo exigido.

iii) Condições de reescalonamento

As condições de reescalonamento dividem-se em 3 níveis: i) reescalonamento de faltas, ii) reescalonamento de pedidos de troca, e iii) compensação de folgas.

i) Reescalonamento de Falta

Quando o sistema sinaliza uma falta, ir-se-á tentar compensar esta ausência recorrendo à supressão dos horários suplementares. Uma vez que as faltas não geram compensação, se existir sobrecobertura, utiliza-se essa “margem” para compensar a ausência. Se não existir sobrecobertura no dia da ausência, será necessário recorrer às folgas. No entanto,

um colaborador em folga que compense um colega que falta terá de ser compensado posteriormente (procedimento explicado adiante).

Uma supressão do horário em falta que origine o não cumprimento do número mínimo de colaboradores para o dia (violação das condições de equipa) leva à análise do tipo de horário em falta. Assim, um horário essencial tem que ser substituído para que volte a garantir os serviços mínimos. Caso não seja horário essencial, procura-se se existe algum horário suplementar anteriormente suprimido, e, se existir, tenta-se alocar a esse horário suplementar um colaborador proveniente de uma folga. Se já não existem horários suplementares suprimidos, ou se já não existem colaboradores que possam ser alocados, então, os pedidos de falta entram na tabela de *Impossibilidades*.

A tabela de *Impossibilidades* consiste numa tabela onde são colocadas as ausências que o sistema não conseguiu reescalonar, ou porque o Solver não encontrou nenhuma solução admissível ou porque não é possível garantir o número mínimo de colaboradores. Nesse caso, cabe ao coordenador de equipa decidir:

- se pode e deve rejeitar um pedido de troca (explicado de seguida) que possa colmatar a falta,
- se terá de solicitar a um colaborador que não falte no dia, ou
- se os colaboradores que estão de serviço no dia são suficientes.

ii) Reescalonamento de Pedido de Troca

Quando o sistema sinaliza um pedido de troca, ir-se-á recorrer primeiro aos colaboradores em folga para que, posteriormente, a compensação se faça por troca direta. Se, embora não sendo possível recorrer aos colaboradores em folga, existir sobrecobertura no dia, o sistema recorre aos colaboradores afetos aos horários suplementares (supressão do horário). Assim, o colaborador que pediu a troca, poderá

facilmente compensar a sua ausência num dia posterior, um dia em que exista um horário suplementar suprimido.

iii) Compensação de Folgas

Tal como no caso de uma falta, um colaborador de folga que substitua um colega num pedido de troca, terá direito a compensação no futuro. Se a data de execução do reescalonamento distar da data da ausência identificada em mais de 31 dias, então, o sistema irá gerar uma compensação. De facto, se um reescalonamento é efetivado com mais de um mês de antecedência, face à data a que a ausência virá a ocorrer, pode supor-se que o colaborador que é escalonado para a substituição não sabia que estaria de folga nesse dia (da ausência) nem a trabalhar no dia da compensação, não existindo, portanto, problemas com a efetivação dessa troca. A compensação é pois efetivada pelo sistema sem ser necessário comunicar ao colaborador afetado. Se, pelo contrário, a diferença entre a data do reescalonamento e a data da ausência for inferior a 31 dias, a não existir a possibilidade de compensação o colaborador que é afeto à ausência fica com um acréscimo de 6 horas no seu *Banco de Horas*. O *Banco de Horas* é uma tabela que indica, quantas horas um colaborador trabalhou a mais (ou a menos) face ao seu escalonamento individual. Quando o colaborador pretender usufruir de horas que constam no *Banco de Horas*, deve ser deduzido o número de horas respetiva na tabela *Banco de Horas* e identificados os dias pretendidos como faltas.

A compensação de folgas é resolvida através de um código em VBA elaborado para o efeito no ficheiro de MS Excel. Neste programa são testadas as diferentes hipóteses, as restrições e respetivas consequências, não se recorrendo a um modelo de otimização. Neste caso, a regra aplicada consiste apenas em efetivar a compensação no próximo dia que seja possível.

4.2 Modelo para Escolha de Colaborador

Estabelecidos os constrangimentos ao problema, são identificados os colaboradores que “estão aptos” a substituir uma ausência. Para escolher o colaborador cuja seleção minimiza as diferenças entre o escalonamento inicial e o final, é utilizado o *add-in* do MS Excel: Solver para resolver a formulação matemática que se apresenta de seguida.

Parâmetros:

n – número de colaboradores que podem substituir a ausência.

i – colaborador candidato a substituir a ausência identificada (identificado no escalonamento inicial), $i = 1, \dots, n$.

j – horário ao qual o colaborador i está afeto no dia anterior ao da ausência⁹.

k – horário afeto ao colaborador i no dia seguinte ao da ausência.

l – horário da ausência ($l = 1, \dots, 15$). Os horários com números de 1 a 4 são horários essenciais e os 5 e 6 são horários suplementares. Os horários 7 a 11 são de 7 e 8 horas e os horários 12 a 15 são horários auxiliares que representam as folgas.

Horário n.º	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Horário	01:00-07:00	07:00-13:00	13:00-19:00	19:00-01:00	08:00-14:00	13:00-19:00	8:30-16:30	9:30-17:30	10:00-18:00	09:00-18:00	10:00-19:00

Quadro 3 – Numeração dos horários de trabalho.

d_{il} – distância entre o horário em que i está escalonado no dia da ausência e o horário da ausência l (obtido através de uma matriz “distância” fixa, conforme Anexos 3.2 e 3.3).

h_{jl} – número de horas decorridas desde o fim do horário j até ao início do horário da ausência l (obtido através da matriz “diferença de horários” fixa, ver Anexo 3.1).

⁹ Se não tiver afeto a nenhum o VBA não preenche e assim, não conta como restrição. Fica $j=0$.

h_{lk} – número de horas decorridas desde o fim do horário da ausência l até ao início do horário k (obtido através da matriz “diferença de horários” fixa, ver Anexo 3.1).

a_i – número de dias consecutivos trabalhados pelo colaborador i antes do dia do horário da ausência (obtida através do escalonamento).

b_i – número de dias consecutivos escalonados para o colaborador i a partir do dia de ausência (obtida através do escalonamento).

$$\alpha_{im}^d = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ está afeto ao turno } m \text{ do dia } d \text{ na solução inicial} \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Variáveis de decisão:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{se o colaborador } i \text{ vai ser afeto à ausência} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, i = 1, \dots, n$$

Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n (d_{il} \cdot x_i) \quad (1)$$

Restrições:

$$\text{sujeito a: } \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{i=1}^n x_i = 1 & (2) \\ \sum_{i=1}^n h_{jl} \cdot x_i \geq 12 & (3) \\ \sum_{i=1}^n h_{lk} \cdot x_i \geq 12 & (4) \\ \sum_{i=1}^n (a_i + b_i) \cdot x_i \leq 4 & (5) \\ \text{Restrições de incompatibilidade} & (6) \\ x_i \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, n & (7) \end{array} \right.$$

A função objetivo (1) minimiza a distância entre o escalonamento inicial e o escalonamento após preencher o horário em falta com o colaborador correspondente.

A restrição (2) assegura que será alocado um e um só colaborador ao horário que necessita de ser preenchido.

A restrição (3) garante que o colaborador que será alocado no horário em falta não tenha trabalhado nas 12 horas imediatamente anteriores ao início do horário da falta.

A restrição (4), semelhante a (3), assegura que o colaborador afetado não tenha trabalho nas 12 horas posteriores ao fim do horário da falta.

A restrição (5) garante que o funcionário que será alocado ao horário por preencher não poderá trabalhar mais de 5 dias consecutivos.

As restrições de incompatibilidade (6) são definidas em função do dia da falta como se detalha no Quadro 4.

As restrições (7) definem as variáveis x_i como binárias, representando a afetação ou não do colaborador i à ausência.

l turno da ausência no dia d	incompatibilidades $\forall i = 1, \dots, n$
$l = 1$	$x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 \quad m > 1$
$l = 2$	$x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 \quad m \neq 2$
$l = 3$	$x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 \quad m \neq 3 \wedge x_i + \alpha_{i4}^{d-1} \leq 1$
$l = 4$	$\begin{cases} x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 & m \neq 4 \\ x_i + \alpha_{im}^{d+1} \leq 1 & m = 3,6 \end{cases}$
$l = 5$	$x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 \quad m \neq 5$
$l = 6$	$x_i + \alpha_{im}^d \leq 1 \quad m \neq 6 \wedge x_i + \alpha_{i4}^{d-1} \leq 1$

Quadro 4: restrições de incompatibilidade com o turno l do dia d .

4.3 User Guide

Para a utilização do programa inicia-se por abrir o ficheiro em *MS Access*, que apresenta um menu como se descreve de seguida (ver Anexo 2.1).

Do lado esquerdo do ecrã, estão “botões” que apontam para os escalonamentos já efetuados para diferentes períodos temporais: “Esta semana”, “Este mês”, “Próxima semana” e “Próximo mês”. Cada um destes botões abre o relatório respetivo.

Esta semana: abre um relatório com o escalonamento para a presente semana, de segunda a domingo (ver Anexo 2.2).

Este mês: abre um relatório com os horários escalonados para o presente mês (ver Anexo 2.3).

Próxima semana: abre um relatório com o escalonamento relativo à semana seguinte, relativamente, ao dia em que nos encontramos (de segunda a domingo).

Próximo mês: abre um relatório com os horários escalonados para o próximo mês.

Do lado direito do ecrã, há três “botões”: “Inserir feriados”, “Gerar escalonamento” e “Voltar ao escalonamento pré-definido”, que, em princípio, apresentam menor frequência de utilização.

Inserir feriados: abre o formulário onde será necessário preencher a informação com os feriados adotados pela empresa. O formulário permite selecionar o ano, no campo correspondente, e atualizar o ficheiro clicando em “Base – Atualizar Tudo”. Irão surgir na tabela as datas referentes ao ano selecionado e para classificar o dia como feriado basta clicar no campo à frente da data pretendida. Após selecionar todos os feriados guarda-se a tabela (ver Anexo 2.6).

Gerar escalonamento: corre todo o processo que gera o escalonamento de acordo com o pré-definido pela empresa (sem ter em conta as faltas e os pedidos de troca, Ilustração 1). Este processo só deve ser executado quando forem inseridos novos feriados no sistema, caso se queira voltar ao escalonamento pré-definido e

não exista nova informação de feriados, basta clicar no botão “Voltar ao escalonamento pré-definido”.

Ao gerar um novo escalonamento, perde-se a informação do último reescalonamento gerado o que faz com que, após este processo, seja necessário correr o procedimento que gera o reescalonamento (botão “Gerar reescalonamento”). Torna-se assim possível que o escalonamento final tenha em conta as faltas e os pedidos de troca assinalados nas tabelas. Este processo não abre nenhuma tabela ou relatório, apenas mostra uma caixa de mensagem com o texto: “Escalaonamento efetuado!”.

Voltar ao escalonamento pré-definido: substitui o último escalonamento pelo escalonamento pré-definido guardado no sistema. Este procedimento volta a um escalonamento que não tem em conta as faltas nem os pedidos de troca assinalados na tabelas. Caso se pretenda ter em conta esta informação deve ser gerado um novo reescalonamento após este procedimento.

Inserir faltas: abre um formulário para que seja possível assinalar as faltas (ver Anexo 2.7). Os dias surgem em linha e os colaboradores em coluna, bastando assinalar as células correspondentes às faltas a inserir no sistema e, depois, guardar a tabela.

Inserir pedido de troca: abre um formulário para que seja possível assinalar os pedidos de troca (ver Anexo 2.8). O formulário é idêntico ao “Inserir faltas”, em que os dias surgem em linha e os colaboradores em coluna, bastando assinalar as células correspondentes aos pedidos de troca a inserir no sistema e guardar a tabela.

Gerar reescalonamento: gera o reescalonamento tendo em conta as faltas e os pedidos de troca inseridos no sistema. Por fim, gera uma caixa de texto com a mensagem: “Reescalonamento gerado” e com a indicação do número de impossibilidades registadas no processo de reescalonamento (Ilustração 2).

Banco de Horas: abre um relatório com a informação de horas que cada colaborador tem disponível no banco de horas (ver Anexo 2.4).

Impossibilidades: abre um relatório com as impossibilidades registadas durante o processo de reescalonamento (ver Anexo 2.5). Indica quais os pedidos de ausência que não podem ser satisfeitos em simultâneo, no mesmo dia.

4.4 Cenários – resolução de diferentes combinações

Para testar a eficácia do “simulador”, foram gerados cinco cenários, escolhendo diferentes combinações de faltas e pedidos de troca, sendo assim possível testar os resultados do processo de reescalonamento. Os pressupostos inerentes à estrutura dos cenários são:

- A data de execução do sistema foi a de 19 de Setembro de 2015;
- Os quadros apresentados correspondem ao ano de 2015;
- Todos os cenários apresentados constituem alterações relativamente ao escalonamento pré-definido pela empresa.

O escalonamento inicial, que serve de base para a simulação dos cenários, detalha-se no Quadro 5. De seguida, apresentam-se as combinações que deram origem aos vários cenários em estudo e uma pequena explicação sobre as alterações geradas pelo “simulador” em cada caso.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
01/11	A	H	C	G								F	E	D	B
02/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J		M	H	G		
03/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J	L	M	H	G		
04/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L	M	A	C		
05/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L		A	C		
06/11	H	C	G	A	E	F	K	I	J	L	M	D	B		
07/11	H	C	G	A							M	D	B	E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	D	C	B	A	F	E	J	K	I	L		H	G		
10/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
11/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
12/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
13/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	A	D							M	G	H	F	E
15/11	C	B	A	D								G	H	F	E
16/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L		A	C		
17/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L	M	A	C		
18/11	E	A	F	C	H	G	I	J	K	L	M	B	D		
19/11	E	A	F	C	H	G	I	J	K	L	M	B	D		
20/11	B	A	D	C	H	G	I	J	K	L	M	E	F		
21/11	B	A	D	C							M	E	F	H	G
22/11	B	F	D	E								A	C	H	G
23/11	B	F	D	E	G	H	K	I	J	L		A	C		
24/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
25/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
26/11	A	D	C	B	G	H	K	I	J	L	M	F	E		
27/11	A	D	C	B	G	H	K	I	J	L	M	F	E		
28/11	F	D	E	B							M	A	C	G	H
29/11	F	D	E	B								A	C	G	H
30/11	F	G	E	H	C	A	J	K	I		L	D	B		
01/12	F	G	E	H	C	A	J	K	I	M	L	D	B		
02/12	D	G	B	H	C	A	J	K	I	M	L	F	E		
03/12	D	G	B	H	C	A	J	K	I	M		F	E		
04/12	D	E	B	F	C	A	J	K	I	M	L	G	H		

Quadro 5 - Escalonamento standard (pré-definido pela empresa). Base para a simulação de cenários.

4.4.1 Cenário I – 1 falta e 1 pedido de troca

O colaborador G usufrui de um dia de férias no dia 5 de novembro (05/11) e, o colaborador H pede para trocar também no dia 5 de novembro, uma vez que não tem com quem deixar os filhos nesse dia.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
01/11	A	H	C	G								F	E	D	B
02/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J		M	H	G		
03/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J	L	M	H	G		
04/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L	M	A	C		
05/11	A	D	F	B	E	F	K	I	J	L			C		
06/11	H	C	G	A	E	F	K	I	J	L	M	D	B		
07/11	H	C	G	A							M	D	B	E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	D	C	B	H	F	E	J	K	I	L		A	G		
10/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
11/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
12/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
13/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	A	D							M	G	H	F	E

Legenda: Falta Pedido de troca ou compensação

Quadro 6 - Reescalamento após conjeturas do Cenário I.

Para escalonar a falta do colaborador G no dia 5/11, o sistema substituiu o colaborador G pelo colaborador F. Assim, F passa a estar afeto ao horário essencial 13:00-19:00 e é suprimido o horário suplementar 13:00-19:00, de onde foi retirado o colaborador F (Quadro 6). Quanto ao pedido de troca do colaborador H, também no mesmo dia, o sistema atribuiu o colaborador A, que estava de folga, e passou a substituir H no horário essencial 01:00-7:00. Para efetuar a compensação do pedido de troca, o sistema gerou uma alteração para dia 9/11, e assim, nesse dia, o colaborador H fica alocado ao horário essencial 19:00-01:00 que estaria atribuído ao colaborador A e este passa estar de folga. Em ambas as trocas, dia 5/11 e dia 9/11, foi garantido que o colaborador que substituiu não trabalha mais de 5 dias seguidos, nem dois horários com um intervalo de descanso, entre eles, inferior a 12 horas.

4.4.2 Cenário II – 15 dias de férias

O colaborador A usufrui de um período de férias de 10/11 a 19/11 inclusive.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
01/11	A	H	C	G								F	E	D	B
02/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J		M	H	G		
03/11	A	D	C	B	E	F	K	I	J	L	M	H	G		
04/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L	M	A	C		
05/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L		A	C		
06/11	H	C	G	A	E	F	K	I	J	L	M	D	B		
07/11	H	C	G	A							M	D		E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	D	C	B	A	F	E	J	K	I	L		H	G		
10/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C			
11/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C			
12/11	C	G	E	H	F		J	K	I	L	M	D	B		
13/11	C	G	E	H	F		J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	G	D							M		H	F	E
15/11	C	B	H	D								G		F	E
16/11	E	B	F	D	C		I	J	K	L					
17/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L	M		C		
18/11	E	G	F	C	H		I	J	K	L	M	B	D		
19/11	E	G	F	C	H		I	J	K	L	M	B	D		
20/11	B	A	D	C	H	G	I	J	K	L	M	E	F		
21/11	B	A	D	C							M	E	F	H	G
22/11	B	F	D	E								A	C	H	G
23/11	B	F	D	E	G	H	K	I	J	L		A	C		
24/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
25/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
26/11	A	D	C	B	G	H	K	I	J	L	M	F	E		
27/11	A	D	C	B	G	H	K	I	J	L	M	F	E		
28/11	F	D	E	B							M	A	C	G	H
29/11	F	D	E	B								A	C	G	H
30/11	F	G	E	H		A	J	K	I		L	D	B		

Legenda: Falta Pedido de troca ou compensação

Quadro 7 - Reescalonamento após conjeturas do Cenário II.

Nos dias 12, 13, 18 e 19 houve troca direta pelo horário suplementar (Quadro 7), ou seja, o horário suplementar fica suprimido e o colaborador que estava afeto ao horário suplementar passa a estar alocado ao horário da ausência, onde estava alocado o colaborador A. Nos dias 10, 11, 16 e 17 o colaborador A já se encontrava de folga, pelo que, o sistema apenas suprime a indicação de folga para que o colaborador não possa, na ausência de outro colaborador, ser afeto a um dos horários de trabalho. Nos dias 14, 15 e 16 houve substituição pelo horário de folga. Relativamente à ausência do dia 15, foi reescalonada atribuindo-lhe o colaborador H (inicialmente em folga) e posteriormente, essa folga é compensada no dia 16. No dia 14, o colaborador G compensa a ausência do colaborador A e, em troca, fica de folga no dia 16. Estas trocas

fazem com que no dia 16 não seja cumprido o requisito do número mínimo de colaboradores. Então, o colaborador C passa a estar alocado a um horário suplementar e descansa no dia 30, para compensar.

4.4.3 Cenário III – 3 colaboradores em formação

Os colaboradores B, D e F terão de frequentar uma formação institucional durante 3 dias, de 9/11 a 11/11.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
05/11	H	D	G	B	E	F	K	I	J	L		A	C		
06/11	H	C	G	A	E	F	K	I	J	L	M	D	B		
07/11	H	C	G	A							M	D	B	E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	H	C	E	A	G		J	K	I	L					
10/11	C	G	E	H			J	K	I	L	M		A		
11/11	A	G	E	H			J	K	I	L	M	C			
12/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
13/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	A	D							M	G	H	F	E
15/11	C	B	A	D								G	H	F	E
16/11	E	B	F	D			I	J	K	L		A	C		
17/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L	M	A	C		
18/11	E	A	F	C	H	G	I	J	K	L	M	B	D		
19/11	E	A	F	C	H	G	I	J	K	L	M	B	D		
20/11	B	A	D	C	H	G	I	J	K	L	M	E	F		
21/11	B	A	D	C							M	E	F	H	G
22/11	B	F	D	E								A	C	H	G
23/11	B	F	D	E	G	H	K	I	J	L		A	C		
24/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
25/11	A	F	C	E	G	H	K	I	J	L	M	B	D		
26/11	A	D	C	B	G	H	K	I	J	L	M	F	E		
30/11	F	G	E	H			J	K	I		L	D	B		

Legenda: Falta Pedido de troca ou compensação

Quadro 8 - Reescalonamento após conjecturas do Cenário III.

Nos três dias de formação E, alocado ao horário suplementar, substitui o colaborador B no horário 13:00-19:00 (Quadro 8). Dia 9, o colaborador H, em folga, substitui o colaborador D no horário 01:00-07:00 e o colaborador G, que estava de folga, substitui F no horário suplementar 08:00-14:00, caso contrário, o requisito do número mínimo de colaboradores não seria cumprido. Em consequência, H e G vão precisar de ter a respetiva folga compensada, o que se verifica dia 16/11 com a eliminação dos horários suplementares.

No dia 10, o colaborador C, de folga, substitui o colaborador D no horário 01:00-07:00, enquanto o horário suplementar de F 13:00-19:00, é suprimido (neste dia, o horário suplementar pode ser suprimido uma vez que, o requisito do número mínimo de colaborador continua a ser cumprido). C é posteriormente compensado no dia 30/11 pela substituição.

No dia 11, o colaborador A, de folga, substitui D no horário 01:00-07:00 e o horário suplementar 13:00-19:00, onde o colaborador F se encontrava alocado, é suprimido. Posteriormente, o colaborador A, é ressarcido a 30/11 pela substituição.

4.4.5 Cenário IV – 2 faltas e 3 pedidos de troca

No dia 11 de Novembro, os colaboradores I e J usufruem de dias de férias, enquanto D, F e G solicitam o dia de troca para poderem participar num evento cultural.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
07/11	H	C	G	A							M	D	B	E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	D	C	B	A	F	E	J	K	I	L		H	G		
10/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
11/11	C	G	B	H	A	E		K		L	M				
12/11	D	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	C	B		
13/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	A	D							M	G	H	F	E
15/11	C	B	F	D								G	H	A	E
16/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L		A	C		
17/11	E	B	F	D	H	G	I	J	K	L	M	A	C		

Legenda: Falta Pedido de troca ou compensação

Quadro 9 - Reescalamento após conjecturas do Cenário IV.

Os colaboradores I e J faltam a 11/11, como estes horários não são essenciais, não precisam de ser substituídos e os horários são suprimidos (Quadro 9). O colaborador D é substituído por C, que estava de folga e, no dia seguinte, é efetivada a compensação (D trabalha no horário que estava alocado ao colaborador C e este folga). F também é substituído pelo colaborador A, que estava de folga, e a compensação é feita a 15/11. Quanto ao colaborador G, não é possível obter uma solução então, é produzido o quadro de impossibilidades (Quadro 10):

Dia	Ausência	Func. Falta 1	Func. Falta 2	Func. Falta 3
11/11/2015	troca	D	F	G

Quadro 10 - Impossibilidades após execução do Cenário IV.

Este quadro, indica que os colaboradores D, F e G não podem pedir para trocar todos no mesmo dia e, neste caso, apenas dois o podem fazer. Se no Quadro 10 surgissem duas entradas exatamente iguais, então existiriam duas impossibilidades para o mesmo dia e portanto dois colaboradores teriam de ceder no seu pedido.

Cenário V – 2 faltas e 1 pedido de troca, com compensações

O colaborador C, pretende usufruir de dois dias de férias a 10/11 e a 04/12 e, o colaborador G pede para trocar no dia 10/11 para resolver assuntos pessoais.

Data	01:00 07:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00	Folga 1	Folga 2	Folga 3	Folga 4
06/11	H	C	G	A	E	F	K	I	J	L	M	D	B		
07/11	H	C	G	A							M	D	B	E	F
08/11	D	C	B	A								H	G	E	F
09/11	D	C	B	A	F	E	J	K	I	L		H	G		
10/11	D	F	B	H		E	J	K	I	L	M		A		
11/11	D	G	B	H	F	E	J	K	I	L	M	C	A		
12/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
13/11	C	G	A	H	F	E	J	K	I	L	M	D	B		
14/11	C	B	A	D							M	G	H	F	E
15/11	C	B	A	D								G	H	F	E
04/12	D	E	B	F	G	A	J	K	I	M	L		H		

Legenda: Falta Pedido de troca ou compensação

Quadro 11 – Reescalonamento após conjecturas do Cenário V.

No dia 10/11 o colaborador C estava de folga. Portanto, é retirada a informação da folga para que C não possa ser atribuído a outro horário neste dia, numa próxima fase do reescalonamento (Quadro 11). No dia 04/12, C estava alocado ao horário suplementar 08:00-14:00, bastando para tal suprimi-lo.

Relativamente ao pedido de troca, no dia 10/11 o colaborador G é substituído por F, que se encontrava no horário suplementar entretanto suprimido. Como o pedido de troca é compensado por um colaborador em horário suplementar, irá ser necessário que G compense as 6 horas que faltou. Neste caso, o sistema apenas atribui o colaborador a um

horário se encontrar um horário suplementar livre nos próximos 60 dias. Como o colaborador C falta a 04/12 e deixa um horário sem alocação, então o colaborador G irá ser atribuído ao respetivo horário livre.

Caso o colaborador C, não faltasse no dia 04/12, não haveria um horário suplementar para que G pudesse compensar o dia que não trabalhou. Nesse caso, o sistema não teria alterado o dia 04/12 e alterava, na tabela Banco de Horas (Quadro 12), o número de horas disponíveis para o colaborador G (redução de 6 horas):

Colaborador	Nº Horas
A	0
B	0
C	0
D	0
E	0
F	0
G	-6
H	0
I	0
J	0
K	0
L	0
M	0

Quadro 12 - Banco de Horas após execução do Cenário V.

4.5 Tempos de execução

Para testar os tempos de execução do programa, foram criados cinco exemplos com diferentes combinações de números de faltas e de número de pedidos de troca. Para todos os exemplos, foi gerada uma solução admissível e, o tempo de execução registado, foi o que se apresenta no Quadro 13 e no Gráfico 1.

	Nº de faltas	Nº de trocas	Tempo de execução
Exemplo I	8	2	29 s
Exemplo II	15	4	36 s
Exemplo III	30	8	73 s
Exemplo IV	60	15	121 s
Exemplo V	100	25	230 s

Quadro 13 - Tempos de execução do sistema.

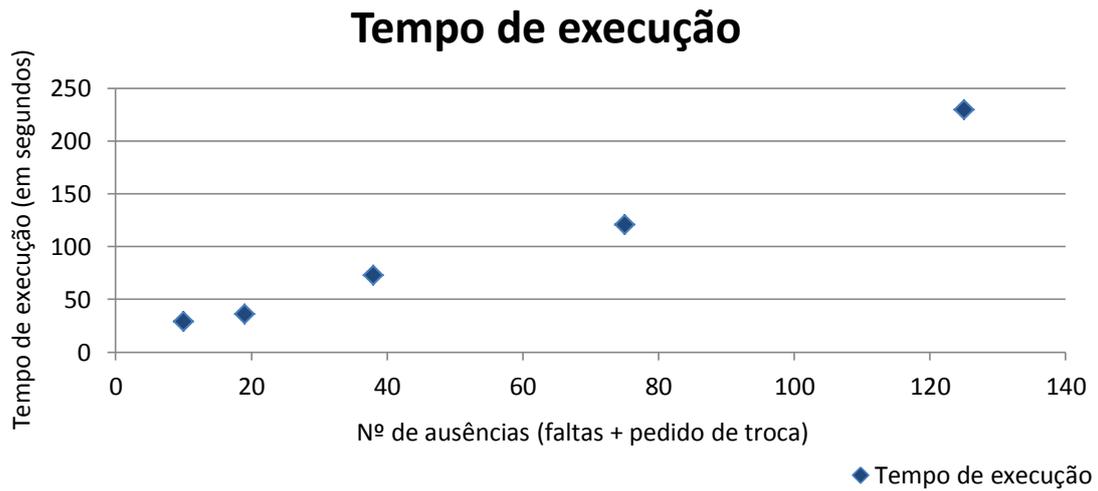


Gráfico 1 - Tempos de execução do sistema.

O sistema de reescalonamento recorre ao software Solver/Excel através de VBA. Os tempos de execução acima descritos, foram obtidos nas seguintes condições:

- i. MS Access e MS Excel, 2010.
- ii. Processador AMD A8-6410 APU, 2.00 GHz.

5. Conclusão

O problema de reescalamento foi identificado e descrito. Face à sua complexidade foi possível desenvolver um programa que resulta numa boa alternativa à atual forma de resolução do problema, pois, os softwares utilizados na elaboração do sistema de reescalamento (MS Access e MS Excel) existem na empresa. Assim, é possível obter planos de reescalamento num tempo de execução relativamente diminuto face à forma de resolução atual.

Salienta-se ainda que a metodologia desenvolvida facilita significativamente as tarefas em causa. De facto, tanto o escalonamento inicial como o reescalamento tornaram-se tarefas muito mais simples, rápidas e eficientes. A integração deste sistema automatizado na empresa libertará bastantes horas de trabalho ao coordenador de equipa, permitindo assim que este possa auxiliar os seus colaboradores no atendimento de clientes, melhorando os níveis de serviço/desempenho da equipa.

A ferramenta foi produzida para refletir o escalonamento atual, com as conjeturas existentes no presente. Assim, toma como pressuposto o panorama de uma equipa de 8 colaboradores com horários de 6 horas /dia, não incorporando a possibilidade de entrada de colaboradores. Caso seja necessário a contratação de um colaborador, este deve ser atribuído a um horário fixo, tal como os colaboradores com horários de 7 e 8 horas/dia.

Outro inconveniente do método utilizado é o facto de não penalizar os blocos de tempo, ou seja, pode acontecer serem atribuídos horários menos favoráveis (exemplo: turno da noite) à mesma pessoa durante vários dias. No entanto, um colaborador que pense estar a ser desfavorecido, ou se o coordenador assim o considerar, pode solicitar um pedido de troca para esse dia, caso em que é gerado um reescalamento.

O sistema de reescalamento foi construído para que possa, em qualquer situação, apresentar sempre uma resposta para o problema a solucionar, nem que seja, na

ausência de uma solução admissível, apresentar as impossibilidades de reescalonamento dos horários em vigor. No entanto, como se referiu, não é certo que funcione para toda e qualquer combinação de faltas e pedidos de troca. Contudo, até ao momento, ainda não foi encontrada uma combinação que não gere uma resposta ao pedido de reescalonamento.

Embora inspirados nos cenários reais, os cenários apresentados funcionam apenas para explicitar o funcionamento do sistema. Todos foram executados num tempo bastante razoável e produziram as soluções desejadas. Os resultados obtidos cumprem pois as regras de escalonamento da equipa de acordo com a legislação aplicável. No entanto, o “simulador” apenas será entregue à equipa após validação por parte dos docentes do ISEG (após apresentação final do TFM).

Em conclusão, os resultados obtidos neste projeto mostram que é possível otimizar o tempo de trabalho, a distribuição de folgas e o desempenho da equipa através da Investigação Operacional, permitindo assim a redução de tempo associado a uma tarefa desgastante e, a melhoria dos níveis de serviço da equipa que se traduz no aumento das remunerações anuais e bem-estar dos colaboradores.

Referências Bibliográficas

Ahuja, H. & Sheppard, R., 1975. Computerized Nurse Scheduling. *Industrial Engineering*, Volume 7, pp. 24-29.

Atlason, J., Epelman, M. & Henderson, S., 2004. Call center staffing with simulation and cutting plane methods. *Annals of Operations Research*, Volume 127, pp. 333-358.

Bard, J. F. & Purnomo, H. W., 2005. Preference scheduling for nurses using column generation. *European Journal of Operational Research* , p. 510–534.

Bechtold, S. & Jacobs, L., 1990. Implicit modeling of flexible break assignments in optimal shift scheduling. *Management Science*, p. 1339 –1351.

Beer, A. et al., 2008. *Scheduling Breaks in Shift Plans for Call Centers*. Montreal, s.n.

Bergh, J. V. et al., 2013. Personnel scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, pp. 367-385.

Bhulai, S., Koole, G. & Pot, A., 2008. Simple Methods for Shift Scheduling in Multiskill Call Centers. *M&SOM*, pp. 411-420.

Buffa, E. S., Cosgrove, M. J. & Luce, B. J., 1976. An Integrated Work Shift Scheduling System. *Decision Sciences*, pp. 620-630.

Cezik, M. T. & L'Ecuyer, P., 2008. Staffing multiskill call centers via linear programming and simulation. *Management Science*, p. 310–323.

Clark, A., M Moule, P., A., T. & Serpell, M., 2013. Rescheduling nursing shifts: scoping the challenge and examining the potential of mathematical model based tools. *Journal of Nursing Management*.

Clark, A. R. & Walker, H., 2011. Nurse rescheduling with shift preferences and minimal disruption. *Journal of Applied Operational Research*, pp. 148-162.

Cumming, A., Paechter, B. & Rankin, R., 2000. *Post-Publication Timetabling*. Konstanz, s.n., pp. 107-108.

Dantzig, G. B., 1954. A comment on Edie's "traffic delays at toll booths". *Journal of the Operations Research Society of America* 2, pp. 339-341.

Gomory, R. E., 1958. Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs. *Bulletin of the American Mathematical Society*, p. 275–278.

Henderson, W. B. & Berry, W. L., 1976. Heuristic Methods for Telephone Operator Shift Scheduling: An Experimental Analysis. *Management Science* , pp. 1372-1380.

Henderson, W. B. & Berry, W. L., 1977. Determining Optimal Shift Schedules for Telephone Traffic Exchange Operators. *Decisions Sciences* , pp. 239-255.

Hillier, F. & Lieberman, G., 2006. *Introduction to Operations Research*. s.l.:McGraw-Hill.

Ingolfsson, A., Cabral, E. & Wu., X., 2007. Combining integer programming and the randomization method to schedule employees. *Technical report, School of Business, University of Alberta*.

Keith, E. G., 1979. Operator scheduling. *AIIE Trans.*, p. 37–41.

Laporte, G., Nobert, Y. & Biron, J., 1980. Rotating Schedules. *European Journal of Operational Research*, pp. 24-30.

Monroe, G., 1970. Scheduling Manpower for Service Operations. *Industrial Engineering* , pp. 10-16.

Moz, M., 2003. *Técnicas de Investigação Operacional Aplicadas a um Problema de Escalonamento de Pessoal em Contexto Hospitalar*. s.l.:Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa.

Moz, M. & Pato, M. V., 2003. An integer multicommodity flow model applied to the rostering of nurse schedules. *Annals of Operations Research* , p. 285–301.

Moz, M. & Pato, M. V., 2004. Solving the problem of rostering nurse schedules with hard constraints: New multicommodity flow models. *Annals of Operations Research* , p. 179–197.

Moz, M. & Pato, M. V., 2007. A genetic algorithm approach to a nurse rostering problem. *Computers and Operations Research* , p. 667–691.

Moz, M. & Pato, M. V., 2008. Solving a bi-objective nurse rostering problem by using a utopic Pareto genetic heuristic. *J Heuristics*, pp. 359-374.

Murray, D. M., 1971. Computer Makes Schedules of Nurses. *Modern Hospital* , pp. 104-105.

Naudin, É. et al., 2012. Analysis of three mathematical models of the Staff Rostering Problem. *J Shed*, pp. 23-28.

Örmeci, E. L., Salman, F. S. & Yücel, E., 2014. Staff rostering in call centers providing employee transportation. *Omega*, pp. 41-53.

Pot, S. A., Bhulai, S. & Koole, G. M., 2008. A simple staffing method for multiskill call centers. *Manufacturing Service Oper. Management* , p. 421–428.

Rosenbloom, K. A. & Goertzen, N. F., 1987. Cyclical Nurse Scheduling. *European Journal of Operational Research*, pp. 19-23.

Rothstein, M., 1972. Scheduling Manpower by Mathematical Programming. *Industrial Engineering*, pp. 29-33.

Sabar, M., Montreuil, B. & Frayret, J. M., 2012. An agent-based algorithm for personnel shift-scheduling and rescheduling in flexible assembly lines. *J Intell Manuf*, pp. 2623-2634.

Segal, M., 1974. The Operator-scheduling Problem: A Network-flow Approach. *Operations Research*, pp. 808-823.

Taha, H. A., 2007. *Operations Research: An Introduction*. s.l.:Pearson Education.

Thompson, G. M., 1997. Labor staffing and scheduling models for controlling service levels. *Naval Res. Logist*, p. 719–740.

Topaloglu, S., 2008. A shift scheduling model for employees with different seniority levels and an application in healthcare. *European Journal of Operational Research*, pp. 943-957.

Warner, D. M., 1976. Scheduling nursing personnel according to nursing preference: A mathematical programming approach. *Operations Research* , p. 842–856.

Weil, G., Heus, K., François, P. & Poujade, M., 1995. Constraint Programming for Nurse Scheduling. *IEEE Engineering in Medicine and Biology* , pp. 417-422.

Anexos

1. Escalonamento - Fragmento do escalonamento pré-definido

2015	Turnos							Diferenciados				
	01:00 7:00	07:00 13:00	13:00 19:00	19:00 01:00	08:00 14:00	13:00 19:00	Folga	08:30 16:30	09:30 17:30	10:00 18:00	09:00 18:00	10:00 19:00
Qui 01 jan	D	G	B	H			F E					
Sex 02 jan	D	E	B	F	C	A	G H	TFC	RAA	APM	TCS	LMF
Sáb 03 jan	D	E	B	F			G H					LMF
Dom 04 jan	G	E	H	F			D B					
Seg 05 jan	G	E	H	F	A	C	D B	APM	TFC	RAA		TCS
Ter 06 jan	G	B	H	D	A	C	E F	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Qua 07 jan	G	B	H	D	A	C	E F	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Qui 08 jan	E	B	F	D	A	C	G H	APM	TFC	RAA	LMF	
Sex 09 jan	E	B	F	D	A	C	G H	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Sáb 10 jan	E	H	F	G			B D					TCS
Dom 11 jan	E	H	F	G			B D					
Seg 12 jan	C	H	A	G	D	B	E F	RAA	APM	TFC	LMF	
Ter 13 jan	C	H	A	G	D	B	E F	RAA	APM	TFC	LMF	TCS
Qua 14 jan	C	F	A	E	D	B	H G	RAA	APM	TFC	LMF	TCS
Qui 15 jan	C	F	A	E	D	B	H G	RAA	APM	TFC	LMF	TCS
Sex 16 jan	H	F	G	E	D	B	C A	RAA	APM	TFC	LMF	TCS
Sáb 17 jan	H	F	G	E			C A					TCS
Dom 18 jan	H	A	G	C			F E					
Seg 19 jan	H	A	G	C	B	D	F E	TFC	RAA	APM	LMF	
Ter 20 jan	F	A	E	C	B	D	H G	TFC	RAA	APM	LMF	TCS
Qua 21 jan	F	A	E	C	B	D	H G	TFC	RAA	APM	LMF	TCS
Qui 22 jan	F	G	E	H	B	D	A C	TFC	RAA	APM	LMF	TCS
Sex 23 jan	F	G	E	H	B	D	A C	TFC	RAA	APM	LMF	TCS
Sáb 24 jan	A	G	C	H			E F					TCS
Dom 25 jan	A	G	C	H			E F					
Seg 26 jan	A	B	C	D	E	F	G H	APM	TFC	RAA	LMF	
Ter 27 jan	A	B	C	D	E	F	G H	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Qua 28 jan	G	B	H	D	E	F	A C	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Qui 29 jan	G	B	H	D	E	F	A C	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Sex 30 jan	G	C	H	A	E	F	B D	APM	TFC	RAA	LMF	TCS
Sáb 31 jan	G	C	H	A			B D					TCS

Ilustração 3 - Escalonamento pré-definido pela empresa (fragmento relativo ao mês de Janeiro/2015).

2. O sistema de reescalonamento

2.1 Menu do sistema em MS Access

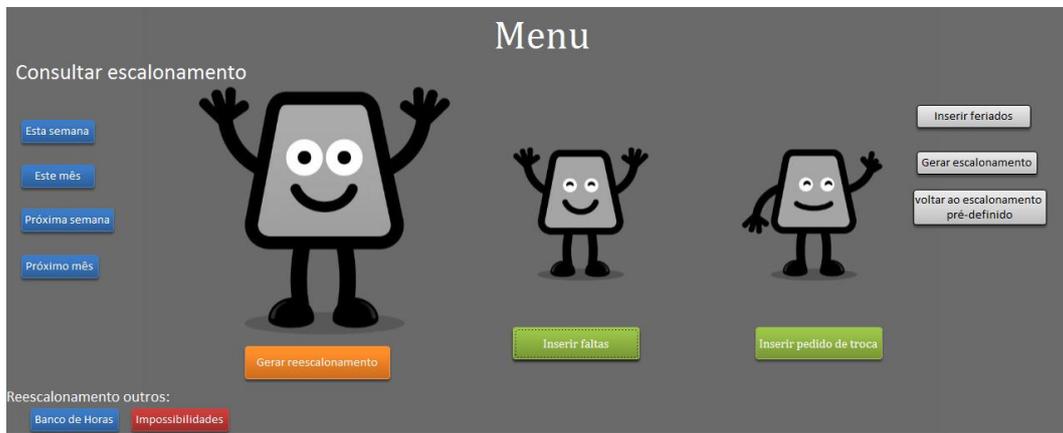


Ilustração 4 - Menu do sistema em MS Access.

2.2 Relatório de apresentação do escalonamento da presente semana

Escalonamento semana		De 14 de setembro de 2015		A 20 de setembro de 2015		Imprimir									
Data	01:00_07:00	07:00_13:00	13:00_19:00	19:00_01:00	08:00_14:00	13:00_19:00	08:30_16:30	09:30_17:30	10:00_18:00	09:00_18:00	10:00_19:00	folga_1	folga_2	folga_3	folga_4
14/09/2015	B	C	D	A	F	E	I	J	K	L		G	H		
15/09/2015	B	H	D	G	F	E	J	J	K	L	M	C	A		
16/09/2015	B	H	D	G	F	E	I	J	K	L	M	C	A		
17/09/2015	C	H	A	G	F	E	I	J	K	L	M	B	D		
18/09/2015	C	H	A	G	F	E	I	J	K	L	M	B	D		
19/09/2015	C	D	A	B							M	H	G	F	E
20/09/2015	C	D	A	B								H	G	F	E

Ilustração 5 – Apresentação do escalonamento da semana.

2.3 Relatório de apresentação do escalonamento do presente mês

Escalonamento mês														Mês		Setembro 2015		Imprimir	
Data	01:00_07:00	07:00_13:00	13:00_19:00	19:00_01:00	08:00_14:00	13:00_19:00	08:30_16:30	09:30_17:30	10:00_18:00	09:00_18:00	10:00_19:00	folga_1	folga_2	folga_3	folga_4				
01/09/2015	F	A	E	C	B	D	K	I	J	M	L	H	G						
02/09/2015	F	A	E	C	B	D	K	I	J	M	L	H	G						
03/09/2015	F	G	E	H	B	D	K	I	J	M	L	A	C						
04/09/2015	F	G	E	H	B	D	K	I	J	M	L	A	C						
05/09/2015	A	G	C	H							L	E	F	B	D				
06/09/2015	A	G	C	H								E	F	B	D				
07/09/2015	A	B	C	D	E	F	J	K	I		M	G	H						
08/09/2015	A	B	C	D	E	F	J	K	I	L	M	G	H						
09/09/2015	G	B	H	D	E	F	J	K	I	L	M	A	C						
10/09/2015	G	B	H	D	E	F	J	K	I	L	M	A	C						
11/09/2015	G	C	H	A	E	F	J	K	I	L	M	B	D						
12/09/2015	G	C	H	A							M	G	H	E	F				
13/09/2015	B	C	D	A								G	H	E	F				
14/09/2015	B	C	D	A	F	E	I	J	K	L		G	H						
15/09/2015	B	H	D	G	F	E	I	J	K	L	M	C	A						
16/09/2015	B	H	D	G	F	E	I	J	K	L	M	C	A						
17/09/2015	C	H	A	G	F	E	I	J	K	L	M	B	D						
18/09/2015	C	H	A	G	F	E	I	J	K	L	M	B	D						
19/09/2015	C	D	A	B							M	H	G	F	E				
20/09/2015	C	D	A	B								H	G	F	E				
21/09/2015	E	D	F	B	G	H	K	I	J	L		C	A						
22/09/2015	E	D	F	B	G	H	K	I	J	L	M	C	A						
23/09/2015	E	A	F	C	G	H	K	I	J	L	M	D	B						
24/09/2015	E	A	F	C	G	H	K	I	J	L	M	D	B						
25/09/2015	D	A	B	C	G	H	K	I	J	L	M	E	F						
26/09/2015	D	A	B	C							M	E	F	G	H				
27/09/2015	D	F	B	E								A	C	G	H				
28/09/2015	D	F	B	E	H	G	J	K	I	L		A	C						
29/09/2015	A	F	C	E	H	G	J	K	I	L	M	D	B						
30/09/2015	A	F	C	E	H	G	J	K	I	L	M	D	B						

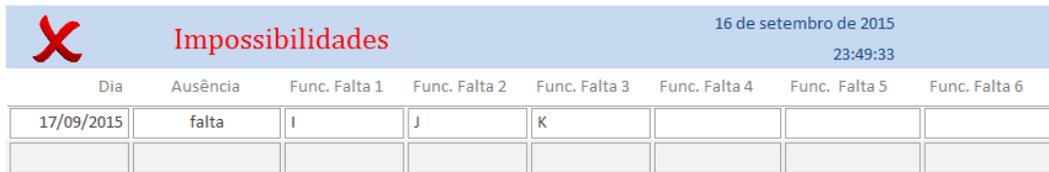
Ilustração 6 - Apresentação do escalonamento do mês.

2.4 Banco de horas

Banco_Horas		16 de setembro de 2015	
		23:30:48	
Colaborador	Nº Horas		
A	0		
B	0		
C	0		
D	0		
E	0		
F	0		
G	0		
H	0		
I	0		
J	0		
K	0		
L	0		
M	0		

Ilustração 7 - Banco de horas.

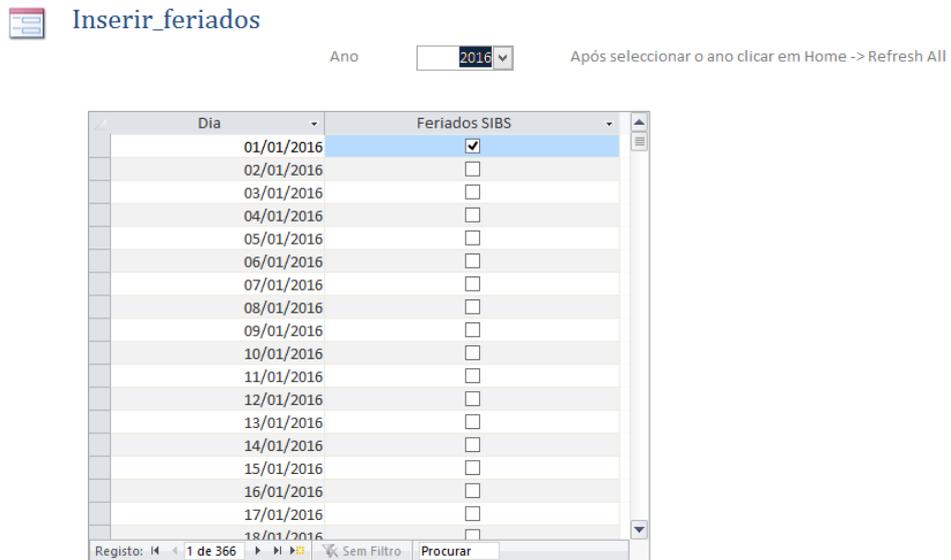
2.5 Impossibilidades



Impossibilidades							
16 de setembro de 2015							
23:49:33							
Dia	Ausência	Func. Falta 1	Func. Falta 2	Func. Falta 3	Func. Falta 4	Func. Falta 5	Func. Falta 6
17/09/2015	falta	I	J	K			

Ilustração 8 - Tabela das impossibilidades determinadas no reescalonamento.

2.6 Tabela Inserir Feriados



Inserir_feriados

Ano: 2016

Após seleccionar o ano clicar em Home -> Refresh All

Dia	Feriados SIBS
01/01/2016	<input checked="" type="checkbox"/>
02/01/2016	<input type="checkbox"/>
03/01/2016	<input type="checkbox"/>
04/01/2016	<input type="checkbox"/>
05/01/2016	<input type="checkbox"/>
06/01/2016	<input type="checkbox"/>
07/01/2016	<input type="checkbox"/>
08/01/2016	<input type="checkbox"/>
09/01/2016	<input type="checkbox"/>
10/01/2016	<input type="checkbox"/>
11/01/2016	<input type="checkbox"/>
12/01/2016	<input type="checkbox"/>
13/01/2016	<input type="checkbox"/>
14/01/2016	<input type="checkbox"/>
15/01/2016	<input type="checkbox"/>
16/01/2016	<input type="checkbox"/>
17/01/2016	<input type="checkbox"/>
18/01/2016	<input type="checkbox"/>

Registo: 1 de 366

Sem Filtro

Procurar

Ilustração 9 - Tabela onde são assinalados os feriados adotados pela empresa.

2.7 Tabela Inserir Faltas

Data	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
16/09/2015	<input type="checkbox"/>												
17/09/2015	<input type="checkbox"/>												
18/09/2015	<input type="checkbox"/>												
19/09/2015	<input type="checkbox"/>												
20/09/2015	<input type="checkbox"/>												
21/09/2015	<input type="checkbox"/>												
22/09/2015	<input type="checkbox"/>												
23/09/2015	<input type="checkbox"/>												
24/09/2015	<input type="checkbox"/>												
25/09/2015	<input type="checkbox"/>												
26/09/2015	<input type="checkbox"/>												
27/09/2015	<input type="checkbox"/>												
28/09/2015	<input type="checkbox"/>												
29/09/2015	<input type="checkbox"/>												
30/09/2015	<input type="checkbox"/>												
01/10/2015	<input type="checkbox"/>												
02/10/2015	<input type="checkbox"/>												
03/10/2015	<input type="checkbox"/>												
04/10/2015	<input type="checkbox"/>												
05/10/2015	<input type="checkbox"/>												
06/10/2015	<input type="checkbox"/>												
07/10/2015	<input type="checkbox"/>												
08/10/2015	<input type="checkbox"/>												
09/10/2015	<input type="checkbox"/>												
10/10/2015	<input type="checkbox"/>												

Ilustração 10 - Tabela onde são assinaladas as faltas.

2.8 Tabela Inserir pedido de troca

Data	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
16/09/2015	<input type="checkbox"/>												
17/09/2015	<input type="checkbox"/>												
18/09/2015	<input type="checkbox"/>												
19/09/2015	<input type="checkbox"/>												
20/09/2015	<input type="checkbox"/>												
21/09/2015	<input type="checkbox"/>												
22/09/2015	<input type="checkbox"/>												
23/09/2015	<input type="checkbox"/>												
24/09/2015	<input type="checkbox"/>												
25/09/2015	<input type="checkbox"/>												
26/09/2015	<input type="checkbox"/>												
27/09/2015	<input type="checkbox"/>												
28/09/2015	<input type="checkbox"/>												
29/09/2015	<input type="checkbox"/>												
30/09/2015	<input type="checkbox"/>												
01/10/2015	<input type="checkbox"/>												
02/10/2015	<input type="checkbox"/>												
03/10/2015	<input type="checkbox"/>												
04/10/2015	<input type="checkbox"/>												
05/10/2015	<input type="checkbox"/>												
06/10/2015	<input type="checkbox"/>												
07/10/2015	<input type="checkbox"/>												
08/10/2015	<input type="checkbox"/>												
09/10/2015	<input type="checkbox"/>												
10/10/2015	<input type="checkbox"/>												

Ilustração 11 - Tabela onde são assinalados os pedidos de troca.

3. Tabelas auxiliares do solver

3.1 Matriz diferença de horas entre horários

z

	(01)01:00_07:00	(02)07:00_13:00	(03)13:00_19:00	(04)19:00_01:00	(05)08:00_14:00	(06)13:00_19:00	(07)08:30_16:30	(08)09:30_17:30	(09)10:00_18:00	(10)09:00_18:00	(11)10:00_19:00
(01)01:00_07:00	18	24	30	36	25	30	25,5	26,5	27	26	29
(02)07:00_13:00	12	18	24	30	19	24	19,5	20,5	21	20	21
(03)13:00_19:00	6	12	18	24	13	18	13,5	14,5	15	14	15
(04)19:00_01:00	0	6	12	18	7	12	7,5	8,5	9	8	9
(05)08:00_14:00	11	17	23	31	18	23	18,5	19,5	20	19	20
(06)13:00_19:00	6	12	18	24	13	18	13,5	14,5	15	14	15
(07)08:30_16:30	8,5	14,5	20,5	26,5	15,5	20,5	16	17	18	16,5	17,5
(08)09:30_17:30	7,5	13,5	19,5	25,5	14,5	19,5	15	16	17	15,5	16,5
(09)10:00_18:00	7	13	19	25	14	19	14,5	15,5	16	15	16
(10)09:00_18:00	7	13	19	25	14	19	14,5	15,5	16	15	16
(11)10:00_19:00	6	12	18	24	13	18	13,5	14,5	15	14	15

Quadro 14 - Matriz diferença de horas, entre o fim do horário y e o início do horário z no dia seguinte.

3.2 Matriz distância (faltas)

z

não compensar	(01)01:00_07:00	(02)07:00_13:00	(03)13:00_19:00	(04)19:00_01:00	(05)08:00_14:00	(06)13:00_19:00	(07)08:30_16:30	(08)09:30_17:30	(09)10:00_18:00	(10)09:00_18:00	(11)10:00_19:00	(12)folga_pr	(13)folga_pr	(14)folga_pr	(15)folga_pr
(01)01:00_07:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(02)07:00_13:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(03)13:00_19:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(04)19:00_01:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(05)08:00_14:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(06)13:00_19:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(07)08:30_16:30	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(08)09:30_17:30	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(09)10:00_18:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(10)09:00_18:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(11)10:00_19:00	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(12)folga_prevencao_1	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(13)folga_prevencao_2	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(14)folga_prevencao_3	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6
(15)folga_prevencao_4	1000	1000	1000	1000	2	1	1000	1000	1000	1000	1000	3	4	5	6

Quadro 15- Matriz distância (do horário y ao z) em caso de falta (não pressupõe compensação).

3.3 Matriz distância (pedidos de troca)

	z														
para compensar	(01)01:00_07:00	(02)07:00_13:00	(03)13:00_19:00	(04)19:00_01:00	(05)08:00_14:00	(06)13:00_19:00	(07)08:30_16:30	(08)09:30_17:30	(09)10:00_18:00	(10)09:00_18:00	(11)10:00_19:00	(12)folga_pr	(13)folga_pr	(14)folga_pr	(15)folga_pr
(01)01:00_07:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(02)07:00_13:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(03)13:00_19:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(04)19:00_01:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(05)08:00_14:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(06)13:00_19:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(07)08:30_16:30	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(08)09:30_17:30	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(09)10:00_18:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(10)09:00_18:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(11)10:00_19:00	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(12)folga_prevencao_1	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(13)folga_prevencao_2	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(14)folga_prevencao_3	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4
(15)folga_prevencao_4	1000	1000	1000	1000	5	6	1000	1000	1000	1000	1000	1	2	3	4

Quadro 16 - Matriz distância (do horário y ao z) em caso de pedido de troca (pressupõe compensação).