



Ivo José Silva Gaspar

**Otimização de Escalas de Trabalho para
Assistentes da Clínica Dentária Delille**

Coimbra, outubro de 2023



Ivo José Silva Gaspar

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Trabalho de projeto submetido ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Sistemas de Informação de Gestão**, realizado sob a orientação do Professor Doutor Pedro Martins, a coorientação do Professor Doutor António Trigo e a supervisão de Andreia Sofia da Silva Pinto.

Coimbra, outubro de 2023

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro ser o autor deste projeto, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido a outra Instituição de ensino superior para obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas e que tenho consciência de que o plágio constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação do presente projeto.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, a todos os seus docentes, e à clínica Delille pela sugestão e autorização da concretização deste projeto.

Aos meus orientadores de projeto, Professor Doutor Pedro Martins e ao Professor Doutor António Trigo por toda a ajuda, disponibilidade, colaboração e orientação ao longo de todo o processo.

Ao Dr. Francisco Delille, a Andreia Pinto e a Paulo Tavares, que desempenharam um papel fundamental em todas as reuniões realizadas com a clínica Delille, essenciais para todo este projeto.

À minha família, à Magda e a todos os meus amigos pela compreensão, paciência e apoio incansável ao longo de toda a jornada de realização deste projeto.

A todas estas pessoas, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A resolução de problemas de escalas de trabalho é uma tarefa complexa, mas incontornável, em muitas organizações. Esta complexidade ocorre sobretudo em empresas que laboram em regime de turnos; e decorre, em grande parte, do esforço de cumprimento de todas as regulamentações laborais a que a empresa esteja sujeita, quer por via das leis, quer por via de acordos com os colaboradores. Por um lado, a empresa pretende ver cobertas as suas necessidades laborais; por outro, os trabalhadores procuram horários que melhor os satisfaçam. Apesar dos avanços significativos dos meios tecnológicos, um grande número de empresas resolve este tipo de problemas de forma manual. O presente projeto apresenta uma aplicação computacional com base em formulações em programação linear inteira, que permite construir e afetar escalas de trabalho para o grupo de assistentes clínicas da clínica dentária Delille. A aplicação é suportada em dois modelos matemáticos, incidindo num planeamento semanal. No primeiro, pretende-se determinar uma afetação de assistentes (de forma indiferenciada) a um conjunto de horários pré-definidos, procurando cobrir o número de consultas previstas, minimizando os incumprimentos e maximizando a satisfação da responsável na clínica por este processo. No segundo modelo, pretende-se afetar as assistentes (de forma individualizada) aos horários determinados na fase anterior, procurando desta vez maximizar a satisfação (preferências) das assistentes. Com a aplicação aqui desenvolvida, a clínica Delille obtém uma ferramenta capaz de responder de forma automática aos problemas de escalas de trabalho colocados numa qualquer semana de funcionamento da clínica, de acordo com os requisitos operacionais que se coloquem nessa semana. Este processo automático, reduz significativamente o tempo despendido para a criação de escalas, proporcionando respostas ótimas para cada cenário colocado e eventuais cenários de contingência, trazendo maior controlo e assertividade a todo o processo de tomada de decisão. Para exemplificar o funcionamento prático da aplicação, são apresentados um conjunto de cenários que decorrem de uma proposta inicialmente colocada pela clínica, cenários associados ao plano de funcionamento atual e cenários de contingência.

Palavras-chave: Escalas de trabalho, turnos de trabalho, preferências de horários laborais, programação linear inteira.

ABSTRACT

Solving work scheduling problems is a complex but unavoidable task in many organizations. This complexity occurs mainly in companies that work on a shift basis; is largely intensified, from the effort to comply with all labor regulations demanded from the company, either through laws or through agreements with employees. On the one hand, the company wants to have its labor needs covered; on the other hand, workers look for schedules that best satisfy them. Despite significant advances in technological resources, a large number of companies solve this type of problems manually. The present project presents a computational application based on integer linear programming formulations, which allows building and sorting work schedules for the group of clinical assistants at Delille dental clinic. The application is supported by two mathematical models, focusing on weekly planning. In the first, the aim is to determine the allocation of assistants (in an undifferentiated manner) to a set of pre-defined schedules, seeking to cover the number of scheduled appointments, minimizing non-compliance and maximizing the satisfaction of the person responsible for this process at the clinic. In the second model, the aim is to assign the assistants (individually) to the schedules determined in the previous phase, this time seeking to maximize the assistant's satisfaction (preferences). With the application developed here, the Delille clinic obtains a tool capable of automatically responding to work schedule problems posed in any week of the clinic's operation, according to the operational requirements that arise in that week. This automatic process significantly reduces the time spent creating schedules, providing optimal responses for each scenario and possible contingency scenarios, bringing greater control and assertiveness to the entire decision-making process. To exemplify the practical functionality of the application, a set of scenarios are presented that arise from a proposal presented by the clinic, scenarios associated with the current operating plan and contingency scenarios.

Keywords: Shift scheduling, rostering, Shift labor preferences, integer linear programming.

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	A empresa – Clínica Dentária Delille	3
2	REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1	Metodologia	5
2.2	Revisão	6
2.2.1	Escalonamento de horários – Shift Scheduling	6
2.2.2	Escalas de Trabalho - Rostering	8
2.2.3	Casos de estudo.....	11
3	MODELO DE OTIMIZAÇÃO PROPOSTO PARA O PROBLEMA EM ANÁLISE	16
3.1	Descrição dos requisitos.....	16
3.2	Descrição das Formulações.....	19
3.2.1	Formulação para a afetação de recursos aos horários.....	20
3.2.2	Formulação para a afetação das assistentes aos horários.....	29
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	33
4.1	Dados e informação de suporte à primeira formulação	34
4.2	Dados e informação de suporte à segunda formulação	37
4.3	Discussão das soluções	39
4.3.1	Plano de horários proposto	40
4.3.2	Solução atualmente em vigor (otimizada)	47
4.3.3	Solução referente ao cenário sem dispensas	51
4.3.4	Solução referente ao cenário com dispensas.....	58
4.3.5	Solução referente ao cenário com aumento de consultas	64

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

4.3.6	Análise comparativas das soluções obtidas	71
5	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICES	78
	APÊNDICE 1 - SOLUÇÕES DO PLANO DE HORÁRIOS PROPOSTO	79
	Terça-feira.....	79
	Quarta-feira.....	83
	Quinta-feira.....	87
	Sexta-feira.....	91
	APÊNDICE 2 - CÓDIGO VBA	95
	APÊNDICE 3 - SOLUÇÕES REFERENTE AO CENÁRIO COM DISPENSAS	96
	Terça-feira.....	96
	Quarta-feira.....	100
	Quinta-feira.....	104
	Sexta-feira.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas da Design Science Research	6
Figura 2: Horários atuais.....	17
Figura 3: Plano de horários proposto.....	19
Figura 4: Interface de Dados Gerais	34
Figura 5: Interface de dados de número de consultas	35
Figura 6: Interface de dados dos horários de 8 horas	36
Figura 7: Interface de dados dos horários de 4 horas	36
Figura 8: Interface da segunda formulação.....	38
Figura 9: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto.....	41
Figura 10: Horários A1 referentes ao plano de horários proposto.....	42
Figura 11: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto.....	43
Figura 12: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto.....	44
Figura 13: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto.....	45
Figura 14: Afetação individual dos horários referentes ao plano de horários proposto .	46
Figura 15: Afetação dos horários m referentes ao plano de horários proposto	46
Figura 16: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário atualmente em vigor	48
Figura 17: Conjunto de horários referentes ao cenário atualmente em vigor.....	48
Figura 18: Horários A3 referentes ao cenário atualmente em vigor.....	48
Figura 19: Horários A1 referentes ao cenário atualmente em vigor.....	49
Figura 20: Horários A2 referentes ao cenário atualmente em vigor.....	49
Figura 21: Horários A4 referentes ao cenário atualmente em vigor.....	49
Figura 22: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário atualmente em vigor.....	50

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Figura 23: Afetação dos horários individuais referentes ao cenário atualmente em vigor	51
Figura 24: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário sem dispensas	51
Figura 25: Conjunto de horários de 8 horas referentes ao cenário sem dispensas.....	52
Figura 26: Conjunto de horários de 4 horas referentes ao cenário sem dispensas.....	52
Figura 27: Horários A3 referentes ao cenário sem dispensas	53
Figura 28: Horários A1 referentes ao cenário sem dispensas	54
Figura 29: Horários A2 referentes ao cenário sem dispensas	55
Figura 30: Horários A4 referentes ao cenário sem dispensas	56
Figura 31: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário sem dispensas	57
Figura 32: Afetação dos horários individuais referentes ao cenário sem dispensas	57
Figura 33: Afetação dos horários m referentes ao cenário sem dispensas.....	58
Figura 34: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário com dispensas	58
Figura 35: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas	59
Figura 36: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas	60
Figura 37: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas	61
Figura 38: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas	62
Figura 39: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas	63
Figura 40: Afetação individual dos horários referentes ao cenário com dispensas	63
Figura 41: Afetação dos horários m referentes ao cenário com dispensas	64
Figura 42: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário com aumento de consultas. 64	
Figura 43: Conjunto de dados das consultas referentes ao cenário com aumento de consultas.....	65
Figura 44: Horários A3 referentes ao cenário com aumento de consultas	66

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Figura 45: Horários A1 referentes ao cenário com aumento de consultas	67
Figura 46: Horários A2 referentes ao cenário com aumento de consultas	68
Figura 47: Horários A4 referentes ao cenário com aumento de consultas	69
Figura 48: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com aumento de consultas	69
Figura 49: Afetação individual dos horários referentes ao cenário com aumento de consultas.....	70
Figura 50: Afetação de horários m referentes ao cenário com aumento de consultas....	70
Figura 51: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para terça	79
Figura 52: Horários A1 referentes ao plano de horários proposto para terça	80
Figura 53: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para terça	81
Figura 54: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para terça	82
Figura 55: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para terça	82
Figura 56: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para quarta.....	83
Figura 57: Horários A1 referentes ao plano de horários proposto para quarta.....	84
Figura 58: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para quarta.....	85
Figura 59: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para quarta.....	86
Figura 60: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para quarta	86
Figura 61: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para quinta.....	87
Figura 62: Horários A1 referentes ao plano de horários proposto para quinta.....	88
Figura 63: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para quinta.....	89
Figura 64: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para quinta.....	90

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Figura 65: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para quinta	90
Figura 66: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para sexta.....	91
Figura 67: Horários A1 referentes ao plano de horários proposto para sexta.....	92
Figura 68: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para sexta.....	93
Figura 69: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para sexta.....	94
Figura 70: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para sexta	94
Figura 71: Código VBA.....	95
Figura 72: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para terça.....	96
Figura 73: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para terça.....	97
Figura 74: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para terça.....	98
Figura 75: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para terça.....	99
Figura 76: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para terça. 99	
Figura 77: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para quarta.....	100
Figura 78: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para quarta.....	101
Figura 79: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para quarta.....	102
Figura 80: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para quarta.....	103
Figura 81: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para quarta	103
Figura 82: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para quinta.....	104
Figura 83: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para quinta.....	105
Figura 84: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para quinta.....	106
Figura 85: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para quinta.....	107

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Figura 86: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para quinta	107
Figura 87: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para sexta	108
Figura 88: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para sexta	109
Figura 89: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para sexta	110
Figura 90: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para sexta	111
Figura 91: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para sexta	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Número máximo de assistentes disponíveis	20
Tabela 2: Número mínimo de assistentes a fazer Sábado.....	20
Tabela 3: Limites máximos de incumprimento	21

1 INTRODUÇÃO

Os problemas de escala de trabalho envolvem um conjunto variado de aspetos, que inclui a construção de horários, o planeamento de folgas, a afetação dos colaboradores aos horários existentes, o planeamento da rotação de horários, entre outros. As organizações procuram obter escalas de trabalho viáveis que, simultaneamente, cumpram as necessidades de trabalho da empresa, cumpram a lei e correspondam às preferências de cariz pessoal dos colaboradores. Em muitos casos, procura-se também otimizar custos.

A atividade de planeamento de horários, turnos e folgas é habitualmente complexa e demorada quando elaborada sem recurso a meios informáticos. Estes processos são comuns a muitas empresas, sobretudo quando operam em períodos longos, estendidos por toda a semana.

Os recursos humanos desempenham um papel estratégico nas empresas, o que exige um esforço muito atento na gestão destes recursos da organização, para que exerçam, de maneira satisfatória, as suas funções organizacionais. De igual forma, a gestão dos recursos humanos está ligada à capacidade de uma empresa atingir os seus objetivos estratégicos, com forte influência nos custos, na capacidade de operar de forma eficiente e na capacidade de desenvolvimento da organização. (Cristina & Dias, 2015)

As organizações necessitam, para crescer e sobreviver, da aplicação do conhecimento e de competências humanas, tornando o ser humano um capital intelectual que necessita de ser gerido, tal como outras formas de capital. O poder de um colaborador, ou de uma equipa de colaboradores, tem a capacidade de afetar qualquer aspeto do comportamento estratégico da organização e influenciar os diferentes níveis de desempenho organizacional. (Cristina & Dias, 2015; Valença, 2019)

O capital humano é visto como um conjunto de fatores que afeta a estrutura organizacional. Desta forma, o planeamento das escalas de trabalho permite às organizações alcançar alguns dos objetivos globais da empresa, como a redução de custos de trabalho, ou a divisão imparcial de tarefas entre colaboradores, respeitando as regras

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

gerais impostas pela organização e por sua vez aumentar a eficácia para atingir as metas e objetivos específicos da organização.

Na área da saúde, a complexidade do problema de escalas de trabalho está em elaborar escalas que obedeçam tanto às normas internas da instituição, como às externas, de forma a garantir que não exista uma sobrecarga de tarefas e que se consiga reduzir os custos operacionais sem prejudicar o atendimento dos pacientes e dos diferentes serviços. (Cristina & Dias, 2015; Rosa, 2017; Valença, 2019)

Este projeto pretende apresentar uma aplicação computacional, baseada em modelação matemática, que permita a elaboração de escalas de trabalho envolvendo as assistentes clínicas da clínica dentária Delille, sediada em Coimbra. O suporte computacional utilizado é disponibilizado pelo suplemento do Excel “OpenSolver”, que opera em ambiente Microsoft Excel. O modelo matemático deverá ser capaz de calcular a melhor solução entre diferentes combinações de horários para certas restrições de colaboradores e serviços. Assim a resolução dos modelos deverá ser capaz de determinar os horários que os colaboradores deverão executar, de forma a corresponder às necessidades da clínica, satisfazendo as limitações de recursos e procurando maximizar objetivos da clínica e satisfação dos colaboradores.

Este projeto fornecerá soluções sobre as diferentes possibilidades de escalas de trabalho para 20 colaboradoras assistentes da clínica Delille, proporcionando respostas, tendo em conta o número de colaboradores disponíveis e as necessidades de serviço da clínica. Este estudo dirige-se especificamente à clínica dentária em questão, tendo em conta que as formulações que serão desenvolvidas são apenas aplicáveis a esta clínica. Outra organização, com outras especificidades, deverá requerer formulações com outras características, mesmo que o modelo de negócio seja semelhante.

No próximo capítulo é feita uma revisão da literatura no âmbito do escalonamento de horários e escalas de trabalho, nos quais se insere o problema de otimização em análise. No capítulo 3 é descrito o modelo de otimização proposto para o problema em análise. A discussão de resultados decorrentes dos modelos propostos é conduzida no capítulo 4,

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

seguido de um capítulo final de conclusões. Antes de avançar para o próximo capítulo, apresenta-se uma breve descrição da empresa alvo do presente estudo.

Desejamos que este projeto consiga fornecer informações importantes para a gestão e a administração da clínica Delille e que o produto final consiga alcançar os objetivos e expectativas da clínica Delille.

1.1 A empresa – Clínica Dentária Delille

A Clínica Dentária Delille teve o seu início em 1993 na Cruz de Celas em Coimbra, inicialmente como um consultório dentário com 2 gabinetes e atuação predominantemente generalista. Ao longo dos anos, a clínica passou por uma expansão significativa. Em 2005, foram abertos mais 5 gabinetes e adotado um método de trabalho por especialidades. Isto levou à formação de uma equipa multidisciplinar de Médicos Dentistas, permitindo assim uma resposta mais eficiente às necessidades, atendendo à constante evolução da profissão, proporcionando aos pacientes uma melhor qualidade e rapidez no atendimento. (Clínica Delille, 2022)

Devido ao crescimento significativo da atividade multidisciplinar, surgiu a necessidade de mudar para novas instalações na Solum, também em Coimbra, em 2014. Nesse novo local, a clínica dispõe de 14 gabinetes e conta com um Laboratório de Prótese Dentário próprio. Esta infraestrutura permite que a Clínica Delille atenda às exigências da Medicina Dentária contemporânea, focando-se no trabalho em equipa, no investimento contínuo em tecnologia, na procura pelo aperfeiçoamento profissional, na qualidade do atendimento e no bem-estar dos pacientes. (Clínica Delille, 2022)

A Clínica Delille oferece uma ampla gama de serviços, abrangendo especialidades como ortodontia, implantologia, reabilitação oral, facetas dentárias, odontopediatria, endodontia, periodontologia, disfunção temporomandibular, apneia do sono e medicina estética facial. Com essa diversidade de serviços, a clínica conta com um número significativo de colaboradores.

O foco do presente projeto concentra-se na equipa de assistência clínica, composta por 20 colaboradoras que desempenham um papel fundamental no suporte à atividade clínica

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

dos tratamentos médico-dentários, na esterilização e no apoio ao funcionamento geral da clínica, garantindo a excelência no atendimento aos pacientes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Metodologia

Dada à natureza da aplicação desenvolvida no presente projeto, a metodologia utilizada classifica-se como Design Science Research (DSR). Esta metodologia indica todos os princípios, práticas e procedimentos necessários para criar e avaliar aplicações computacionais.

Essas aplicações computacionais são desenvolvidas de forma a conseguirem resolver problemas que as organizações enfrentam. É um processo rigoroso que permite resolver problemas, mas também fazer contribuições para futuras investigações avaliando outras aplicações e comunicando os resultados obtidos às audiências apropriadas (Peffer et al., 2007).

A DSR é utilizada então para descrever qualquer objeto (ou artefacto) que ofereça uma solução para um problema de investigação. Essa solução, em forma de aplicação, é desenvolvida seguindo um processo que é composto por 6 etapas: a identificação da motivação e do problema; a definição dos objetivos para a solução; a criação e desenvolvimento (esta etapa consiste no desenvolvimento da aplicação); a demonstração (consiste na experimentação da aplicação, nomeadamente para a identificação de erros ou possíveis bugs); a avaliação; e por fim, a comunicação (Peffer et al., 2007). Esta sequência de etapas é representada na Figura 1.

A regra fundamental da DSR está assente no problema que a aplicação vai resolver, ou seja o facto de que a aplicação é construída para a resolução de um problema observado. A utilidade, qualidade e eficácia da aplicação deve ser rigorosamente avaliada e o desenvolvimento da mesma deverá ser um processo de pesquisa baseado em teorias e conhecimentos existentes para chegar à solução para o problema encontrado.

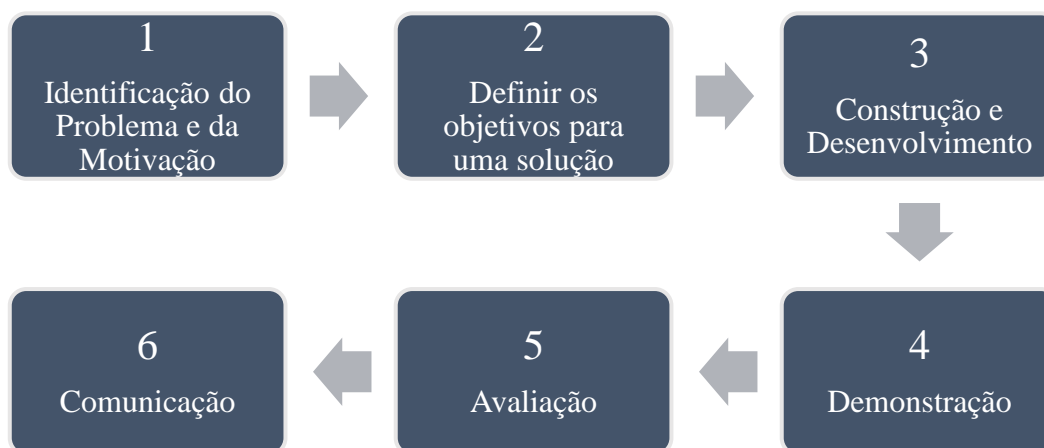


Figura 1: Etapas da Design Science Research

2.2 Revisão

O planeamento de escalas de trabalho encerra em si um problema comum a muitas organizações sendo por essa razão um tema muito estudado na literatura. Nesta revisão de literatura irão ser abordados os temas Escalonamento de Horários (*Shift Scheduling*) e Escalas de Trabalho (*Rostering*), as suas diferenças e algumas das principais características. É no âmbito destes dois temas que se insere o estudo desenvolvido no presente projeto. Posteriormente, no subcapítulo final desta revisão de literatura, serão apresentados brevemente alguns exemplos de trabalhos com o mesmo tipo de problema deste projeto.

2.2.1 Escalonamento de horários – Shift Scheduling

O planeamento da força de trabalho é um dos desafios mais complexos enfrentados pela gestão de recursos humanos nas organizações. Com o crescimento das organizações, esse problema ganha escala e complexidade, tornando mais complicada a sua resolução. O planeamento envolve decisões cruciais sobre a contratação ou demissão de trabalhadores e sobre a definição dos respetivos horários de trabalho, tornando-se uma combinação estratégica entre recursos humanos e escalonamento. (De Bruecker et al., 2015)

O escalonamento de horários é um dos problemas que o presente projeto visa solucionar para a organização em questão. Este problema está associado à criação de um conjunto

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

de horários que possam ser utilizados pela organização e que permitam cobrir as respetivas necessidades de serviço.

O escalonamento de horários ("Shift Scheduling") é o processo de criar um cronograma ou escala para alocar tarefas, eventos, atividades ou recursos em horários específicos.

Assim o objetivo do escalonamento é criar uma programação ordenada e eficiente de forma a garantir a utilização adequada dos recursos disponíveis, evitando conflitos de horários e cobrindo as necessidades laborais da empresa.

O escalonamento pode ser aplicado em diversas áreas, como por exemplo:

- Ao trabalho: Agendar os horários de trabalho para trabalhadores ou equipas, de forma a definir os turnos e até as atribuições de tarefas;
- A eventos: Criar uma agenda para conferências, reuniões, espetáculos, desportos e outras atividades programadas;
- Ao transporte: Organizar horários para viagens aéreas, ferroviárias, rodoviárias, entre outros;
- À produção: Estabelecer os tempos e sequências de produção de uma linha de montagem ou fábrica;
- A projetos: Determinar o programa de atividades e etapas importantes de forma a concluir um projeto dentro do prazo;
- À educação: Definir os horários de aulas e disciplinas para alunos e professores.

O processo de escalonamento pode ser desafiador, especialmente quando há vários recursos que necessitam de ser considerados, como restrições de tempo ou até limitações de capacidade. Por este motivo, são utilizadas ferramentas, algoritmos e softwares especializados para otimizar todo o processo de escalonamento, de forma a garantir a eficiência e a satisfação de todas as partes envolvidas.

A necessidade de soluções de software de qualidade é essencial por diversas razões. Em particular, é de extrema importância para reduzir o desperdício de tempo e de recursos, para equilibrar as cargas horárias entre os diferentes trabalhadores e atender às

preferências pessoais dos mesmos. Um escalonamento eficiente resulta numa equipa mais satisfeita e, conseqüentemente, mais eficaz. (De Bruecker et al., 2015)

Uma das particularidades dos problemas de escalonamento da força de trabalho é a presença de características especiais, como por exemplo preferências dos trabalhadores ou até leis laborais, que não estão presentes em outros tipos de problemas de alocação de recursos. Modelos que não têm em conta essas particularidades tendem a falhar quando aplicados em ambiente real. (De Bruecker et al., 2015)

Assim, ao considerar as características do problema e a correta aplicação das técnicas de resolução, é possível utilizar uma abordagem mais realista e funcional para o escalonamento de horários, satisfazendo tanto as necessidades da empresa como também dos trabalhadores. (De Bruecker et al., 2015)

2.2.2 Escalas de Trabalho - Rostering

A otimização das escalas de trabalho pode beneficiar as organizações, mas requer sistemas de suporte à decisão bem implementados para fazer face às necessidades dos clientes e da organização, tentando ao máximo satisfazer requisitos que os trabalhadores possam ter, como por exemplo acordos flexíveis de trabalho, igualdade de turnos, preferências de equipa e/ou trabalho part-time. (Ernst et al., 2004)

Escalas de Trabalho ("Rostering") é um processo específico para o planeamento e criação de escalas para trabalhadores ou para membros de uma equipa. O processo envolve a alocação de funcionários para diferentes horários de trabalho, tendo em consideração fatores como disponibilidade, competências, leis de trabalho, preferências individuais e, principalmente, necessidades operacionais.

O termo "rostering" possui vários significados na literatura. De acordo com Wren (1996), as escalas de trabalho são definidas como "a alocação, sujeita a restrições, de recursos humanos em horários de forma padronizada. O objetivo pode ser a minimização de algum critério ou simplesmente obter uma alocação viável. Frequentemente, os recursos são alocados de forma alternada em uma lista." (Burke et al., 2004; Wren & Management, 1996)

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

O objetivo das escalas de trabalho é então alocar adequadamente os recursos humanos de forma a cobrir os diferentes turnos de trabalho, respondendo às necessidades operacionais e características das organizações, de forma a garantir ao mesmo tempo um equilíbrio mínimo entre as preferências e necessidades dos funcionários.

O processo de escalas de trabalho é influenciado por vários fatores, como:

- A disponibilidade dos trabalhadores: Ter em conta as horas de trabalho disponíveis para cada indivíduo, considerando as solicitações de férias, folgas, licenças médicas ou outros compromissos pessoais;
- As competências e qualificações: Assegurar que os trabalhadores com as competências específicas para certas tarefas estão disponíveis nos horários apropriados;
- O código de trabalho: Cumprir com as leis e regulamentos em vigor, por exemplo, a limites de horas de trabalho, intervalos entre turnos, dias de descanso obrigatórios, entre outros;
- As necessidades operacionais: Garantir que o número adequado de trabalhadores está presente em cada turno de forma a fazer face às necessidades do negócio;
- As preferências dos trabalhadores: Tentar satisfazer, na medida do possível, as preferências individuais dos trabalhadores em relação a horários e a turnos de trabalho;
- A redução de custos: Procurar otimizar os custos operacionais, de forma a evitar horas extras desnecessárias e minimizar a sobreposição de recursos.

Existem várias abordagens de software para a realização de escalas de trabalho, desde o preenchimento manual usando folhas de cálculo até modelos matemáticos avançados com algoritmos eficientes ou heurísticas. O processo de programação de escalas de trabalho envolve a construção de horários de trabalho para fazer face às necessidades de serviços ou produtos, tendo em consideração as regulamentações pertinentes. (Ernst et al., 2004)

Por isso, muitas organizações que lidam com o desenvolvimento de escalas de trabalho necessitam de ferramentas de suporte à decisão para garantir que os trabalhadores certos são alocados aos momentos em que são necessários, com o custo adequado e com elevado

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

nível de satisfação. Esses sistemas de apoio à decisão normalmente incluem folhas de cálculo, ferramentas de banco de dados e possivelmente ferramentas desenvolvidas a partir de modelos matemáticos e algoritmos específicos. (Ernst et al., 2004)

A resolução destes problemas complexos e altamente restritos é extremamente desafiadora, especialmente para encontrar soluções ótimas que por exemplo, minimizem os custos, atendam às preferências dos funcionários e satisfaçam todas as restrições dos locais de trabalho nas organizações em específico. (Ernst et al., 2004)

Existem vários fatores que influenciam as diferenças entre os problemas de escalas de trabalho de organização para organização, como por exemplo, a integração de folgas, a construção de equipas e até a atribuição de tarefas. É necessário saber todo o tipo de necessidades que a empresa possua para que o modelo consiga integrar todos esses aspetos que são fundamentais e diferem de organização para organização. (Ernst et al., 2004)

Embora as técnicas de modelação e os avanços computacionais tenham evoluído muito significativamente nos últimos anos, permitindo abordar de forma eficiente programas lineares inteiros de grande dimensão com milhões de variáveis, a sua resolução exata é ainda é uma tarefa muito desafiadora, senão muitas vezes impossível. (Ernst et al., 2004)

Ao longo das últimas décadas, os métodos computacionais, para o agendamento e para as escalas de trabalho, têm sido alvo de pesquisa contínua e de interesse comercial. Para a maioria das organizações, a capacidade de contar com a equipa adequada no momento certo é de extrema importância para atender às necessidades da organização. (Ernst et al., 2004)

Diferentes indústrias têm requisitos específicos, o que resulta em modelos de escalas de trabalho bastante diversos. Consequentemente, são necessárias técnicas de resolução distintas para obter soluções consideradas boas e realistas. O processo de escala de trabalho é composto por várias etapas, desde a determinação dos requisitos dos trabalhadores até à especificação das tarefas que necessitam de ser executadas por cada trabalhador ao longo do tempo. Em algumas situações, algumas destas etapas podem ser combinadas em um único procedimento. (Ernst et al., 2004)

Muitas organizações continuam a adotar as escalas de trabalho construídas manualmente devido à crença de que a transição para as escalas de trabalho automáticas é dispendiosa e pouco intuitiva. Embora o desenvolvimento de escalas manuais também seja dispendioso, seguindo os procedimentos implícitos estabelecidos ao longo do tempo, os profissionais tendem a resistir à mudança. (Mihaylov et al., 2016)

2.2.3 Casos de estudo

As escalas de trabalho desempenham, sem dúvida, um papel crucial na rotina diária de organizações em todo o mundo, tendo um impacto direto na produtividade, no equilíbrio entre vida pessoal e profissional, e na saúde e bem-estar.

Serão agora apresentados alguns casos de estudo, em que são descritos de forma breve diferentes modelos de escalas de trabalho utilizando diferentes abordagens, consoante o tipo de negócio das organizações. O primeiro caso a apresentar é referente à aplicação de escalas de trabalho em “*call centers*”, seguido de 2 casos de estudo que se inserem no setor da aviação. Posteriormente será apresentado um caso inserido no setor de saúde, mais precisamente nos serviços de emergência médica, e por fim quatro casos, todos do setor de saúde, em que são estudadas abordagens diferentes para a construção de escalas de trabalho para enfermeiras(os). Cada caso oferece uma visão única sobre a importância e a complexidade das escalas de trabalho em diferentes contextos organizacionais.

O primeiro caso de estudo é aplicado a “*call centers*”, onde a força de trabalho é um recurso dispendioso e amplamente utilizado. O objetivo destas unidades é garantir a máxima satisfação dos clientes e dos trabalhadores com o mínimo de custos operacionais e de pessoal. Para atingir esse objetivo, são apresentadas soluções para os problemas de escalas de trabalho e de afetação de trabalhadores em “*call centers*”. São propostos modelos de programação inteira e de programação por restrições para resolver esses problemas. Os modelos são testados utilizando dados reais, demonstrando que a programação por restrições (*constrain programming*) é preferível à programação inteira quanto à facilidade, flexibilidade e velocidade de computação. No entanto, a programação por restrições pode ter limitações em relação ao tamanho de memória utilizada. (Türker & Demiriz, 2018)

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Passando agora para o setor da aviação, este caso teve como objetivo a construção de horários e planeamento de turnos para controladores de tráfego aéreo permitindo dar respostas na definição dos períodos de descanso. Os resultados mostraram que os parâmetros para construir os horários não podem ser rigidamente definidos devido à inter-relação entre eles. Recomendaram então, neste caso específico, que os turnos noturnos tivessem intervalos de descanso mais longos e frequentes, passando os turnos diurnos a incluir uma pausa de cerca de meia hora a cada 2 horas de trabalho. A fadiga é reconhecida como um risco na gestão do tráfego aéreo. Os parâmetros sugeridos podem ajudar a construir horários de turnos viáveis, mas a definição de parâmetros específicos permanece ainda abstrata e aberta à interpretação. (Terenzi et al., 2022)

Ainda no setor da aviação, foi desenvolvido um modelo híbrido de escalas de trabalho, onde foram estudados os procedimentos e requisitos de uma situação real. Para melhorar a abordagem atual, foram integrados os processos de escalas mensais e diárias. Foi criado um modelo de programação linear inteira tendo como função objetivo a minimização dos custos de mão de obra e incluindo restrições que respeitem as necessidades operacionais de trabalho. O modelo também pode ser usado como suporte para a tomada de decisões, permitindo alterar os parâmetros do modelo de forma a criar horários e descobrir os custos associados a esses horários. Contudo, e de acordo com os autores, o caso proposto ainda necessita de alguns melhoramentos, nomeadamente a inclusão de horários que o modelo não considera, como por exemplo os períodos de refeição. (Shiau et al., 2020)

Entrando agora no setor da saúde, mais precisamente nos serviços de emergência médica, é fundamental para este tipo de serviços garantir uma cobertura de funcionários adequada em todos os momentos, incluindo a criação de equipas. No caso proposto, são discutidas novas formulações de modelos de programação inteira de forma a conseguirem calcular o pretendido. Ao colocar em prática com um caso real, o modelo sugeriu implementar folgas aos funcionários em dois fins de semana a cada cinco semanas de trabalho, em vez de apenas um fim de semana por mês como no plano que vigorava anteriormente. Isto levou a uma redução significativa no tempo e custo de criação dos horários dos funcionários. O plano foi perfeitamente integrado no software de escalonamento

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

existente. Este modelo não incorpora, no entanto, as preferências dos trabalhadores, pelo que os autores sugerem melhoramentos nesse sentido. (Becker et al., 2019)

Ainda no setor da saúde, um outro caso visa, tal como nos casos anteriores, automatizar a tarefa complexa de construir escalas manualmente para enfermeiros(as). No entanto, a prática é dificultada pela necessidade de traduzir a experiência dos profissionais de saúde em valores numéricos. Os resultados relatados confirmam a eficácia do modelo, embora seja necessário obter dados históricos relevantes. Os profissionais de saúde indicaram dificuldades em lidar com os efeitos transitórios do modelo manual para o automático. Mas a integração do modelo demonstrou grandes reduções de tempo no cálculo das escalas de trabalho dos enfermeiros(as). (Mihaylov et al., 2016)

Num outro trabalho desenvolvido por Knust & Xie (2019), também envolvendo escalas de trabalho de enfermeiros(as), é apresentado um modelo flexível pioneiro. São propostas duas abordagens: uma exata utilizando programação inteira mista e outra heurística usando um algoritmo baseado em “*simulated annealing*”. Ambas as abordagens apresentam resultados promissores, no entanto a heurística é mais eficiente em termos de tempo. Ainda assim e segundo os autores, é necessário melhorar a adaptação do modelo a diferentes planos temporais. As soluções foram integradas num modelo existente de software, fornecendo uma interface em que o profissional pode criar e ajustar o modelo ao problema. Os resultados computacionais mostram que as soluções obtidas superam, em qualidade, as soluções manuais. Os autores sugerem ainda que o modelo poderá ser sujeito a melhoramentos, de forma a permitir a adição de restrições e maior flexibilização do modelo. (Knust & Xie, 2019)

Ainda num outro artigo (Hassani & Behnamian, 2021) também inserido no setor da saúde, e igualmente de escalas de enfermeiros(as), é criado um modelo utilizando uma abordagem baseada em cenários. O modelo proposto é flexível e pode ser adaptado as diversas situações e organizações que incluam sistemas de turnos. Ao aplicar este modelo em hospitais, espera-se reduzir os custos de pessoal e melhorar a qualidade do serviço, aumentando a satisfação dos enfermeiros. Os autores recorrem a uma metaheurística evolutiva (“*differential evolution*”), com a qual obtiveram bons resultados para o

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

problema de dimensão maior. Os autores afirmam ainda que o uso de dados reais e a comparação com outras abordagens valorizaria bastante o trabalho que desenvolveram. (Hassani & Behnamian, 2021)

Por fim, o último caso de estudo a ser apresentado, está também assente num modelo matemático para construir escalas de trabalho para enfermeiros(as). Assim, este caso descreve um modelo de escalas flexível para enfermeiros, desenvolvido em colaboração com gestores experientes e implementado em hospitais dinamarqueses. O sistema utiliza uma formulação de programação inteira mista e introduz novas restrições, bem como alternativas flexíveis para restrições comuns encontradas na literatura. O modelo é capaz de se adaptar a diferentes situações, permitindo ajustes específicos para atender tanto às necessidades do serviço como às necessidades dos funcionários individuais. A pesquisa trouxe melhorias significativas no planeamento das escalas em hospitais dinamarqueses. Ao implementar o sistema, os principais desafios não foram matemáticos, mas sim compreender os aspetos individuais considerados pelos gestores ao criar as escalas, nomeadamente na definição das preferências por turnos ou padrões indesejados de atribuições. A pesquisa identificou oportunidades de melhoramento, incluindo a sensibilidade da função objetivo em relação aos dados de entrada. (Böðvarsdóttir et al., 2022)

Para desenvolver soluções práticas, é fundamental compreender plenamente as necessidades dos profissionais e encontrar um terreno comum para a comunicação, independentemente dos aspetos matemáticos envolvidos. A pesquisa destaca a importância de criar soluções flexíveis que possam ser adaptadas a diferentes cenários e ambientes dinâmicos em hospitais. (Böðvarsdóttir et al., 2022)

Estes casos mostram alguns exemplos de formas utilizadas para contruir e afetar escalas de trabalho em diferentes áreas com recurso a modelos matemáticos e algoritmos heurísticos. Nos vários contextos descritos no presente capítulo, os que mais se assemelham ao projeto em estudo são as aplicações realizadas nas áreas da saúde, mais propriamente no planeamento de escalas de trabalho de enfermeiros. A aplicação desenvolvida no presente projeto, pretende, em comparação com esses casos de estudo,

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

melhorar a qualidade de serviço, aumentar a satisfação das assistentes e se possível reduzir os custos com os colaboradores. Para isso, irá calcular quais os melhores turnos para as assistentes operarem de forma a satisfazer as necessidades da clínica. Adicionalmente, e ainda numa comparação como abordagens anteriores, serão usados modelos de programação linear inteira para obter soluções para o problema em análise.

3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO PROPOSTO PARA O PROBLEMA EM ANÁLISE

Este capítulo introduz a formulação para o problema em análise no presente projeto. Uma vez que este projeto é específico à clínica dentária Delille, o subcapítulo 3.1 explica os principais requisitos e características, necessárias para a melhor compreensão do problema. De seguida, no subcapítulo 3.2, apresentamos as formulações utilizadas para a resolução do problema, seguido das interfaces criadas no modelo computacional devidamente explicadas no subcapítulo 3.3. No capítulo 4, serão analisadas e discutidas soluções obtidas a partir das formulações propostas no presente capítulo.

3.1 Descrição dos requisitos

A equipa de assistentes clínicas da clínica dentária Delille é constituída por 20 operacionais, que realizam turnos de 7 ou 8 horas, compreendidos entre as 8h da manhã e as 21h da noite. Durante este período a clínica mantém o constante funcionamento. A clínica está aberta de segunda a sábado, sendo que aos sábados está apenas aberta até às 14h30m da tarde. O tempo de trabalho semanal de cada assistente (incluindo sábados), deve perfazer as 40 horas. Nesse sentido, estão atualmente em vigor 4 horários diários (com e sem sábado), que são atribuídos manualmente às assistentes pela equipa administrativa da clínica, de forma a conseguir satisfazer todas as necessidades da clínica. Cada assistente realiza o mesmo horário diário ao longo de toda a semana. Os horários de 7 horas/dia são complementados com o horário de sábado. As assistentes que numa dada semana façam o horário de 8 horas/dia, não realizam trabalho ao sábado nessa semana.

Assim, os 4 horários estão divididos da seguinte forma:

h01: 8h-12h30m;14h-16h30m + Sábado;

h02: 9h-12h30m;14h30m-18h + Sábado;

h03: 9h30m-13h;15h-19h30m;

h04: 12h30m-15h;16h30m-21h + Sábado.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

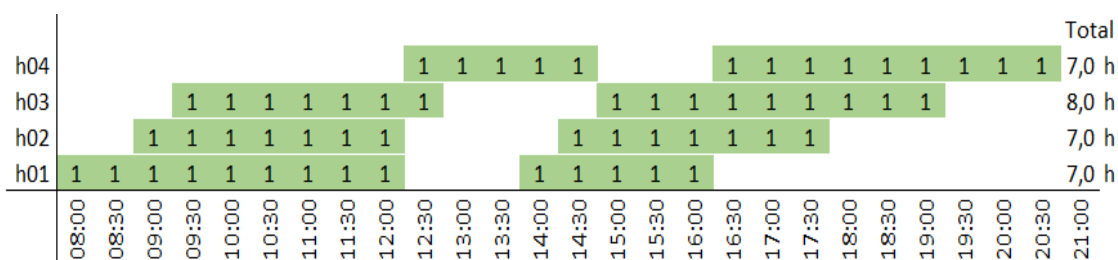


Figura 2: Horários atuais

Os horários h01, h02 e h04, além do horário de segunda a sexta terão de realizar de igual forma um horário no sábado, e dado que a clínica está em funcionamento das 8h da manhã até às 14h30m da tarde, estão atribuídos horários específicos a cada turno:

h01: 8h – 13h;

h02: 9h – 14h;

h03: 9h30m – 14h30m.

Para assegurar que todas as assistentes possuam pelo menos uma folga ao sábado por mês, as assistentes operam em rotatividade entre estes 4 horários, rotatividade essa que é feita manualmente pela equipa administrativa. Este é um dos aspetos no qual irá atuar a aplicação desenvolvida neste projeto.

O principal objetivo da aplicação é automatizar a distribuição das assistentes para cada horário, consoante o volume de procura da clínica e a posterior afetação individual das assistentes aos horários. Para esse efeito a aplicação recorre a duas formulações que serão descritas no presente capítulo.

A clínica possui vários serviços, existindo assistentes com competências específicas para alguns desses serviços. Por essa razão, foi necessário criar alguns grupos de assistentes, de acordo com as especificidades:

A1: Assistentes para consultas do Dr. Francisco;

A2: Assistentes para consultas de Pediatria;

A3: Assistentes Gerais;

A4: Assistentes na Esterilização;

A5: Assistentes Dispensadas.

As colaboradoras que integram o grupo A1 podem prestar assistência nas consultas do Dr. Francisco Delille (cirurgia), e as colaboradoras do grupo A2 podem prestar assistência nas consultas de Pediatria. As colaboradoras do grupo A3 apenas podem dar assistência nas consultas Gerais ou estar presente na Esterilização. De referir ainda que as assistentes dos grupos A1 e A2 podem também prestar assistência nas consultas Gerais e na Esterilização, caso seja necessário. Por último, das assistentes dispensadas (A5) fazem parte todas as assistentes dos diferentes tipos (A1, A2 ou A3) que estejam de férias ou de folga ou que não estejam em atividade por outro motivo nalgum dia de segunda a sexta-feira.

Para permitir as prioridades diferentes aos horários a realizar por cada um dos grupos de assistentes, foram definidos parâmetros que poderão ser manipulados pela equipa administrativa. Através do ajustamento desses parâmetros, a responsável administrativa pela afetação das assistentes, pode manifestar preferência nas afetações que venham a ser determinadas. Esta parametrização integrará a função objetivo das formulações que irão ser propostas, procurando determinar soluções que maximizem a satisfação global, entre as soluções operacionalmente admissíveis do problema.

A proposta desenvolvida no presente projeto assenta num novo plano de horários semanais, procurando corresponder a um novo paradigma de funcionamento semanal dos horários das assistentes na clínica. Nesse sentido, passam a existir apenas horários semanais de 8 horas/dia, com 4 horários diferentes. Cada assistente pode ser afeta a um desses horários, realizando esse horário de segunda a sexta-feira, perfazendo 40 horas de trabalho; realizar esse horário apenas durante 4 dos 5 dias de segunda a sexta-feira e realizar meio-dia (4 horas) no dia sobranete. As assistentes que venham a ser afetas a esta segunda versão, terão que realizar 4 horas no sábado da respetiva semana, perfazendo assim as 40 horas semanais ((8 horas × 4 dias + 4 horas no dia sobranete) + 4 horas (sábado)). O horário de 4 horas (seguidas) a realizar no dia sobranete, será determinado pela formulação, podendo ocorrer em qualquer período entre as 8h00m e as 21h00m, ou seja, no horário de funcionamento semanal da clínica.

3.2.1 Formulação para a afetação de recursos aos horários

Para melhor compreensão da formulação que se segue serão apresentados alguns dos dados que irão caracterizar a versão base do problema.

Número máximo de assistentes disponíveis em cada um dos grupos (A1 a A3):

Grupo	Tipo	Disponibilidade total (max)
A1	Consultas do Dr. Francisco	3
A2	Consultas de Pediatria	2
A3	Consultas Gerais	15

Tabela 1: Número máximo de assistentes disponíveis

Relativamente ao funcionamento dos grupos, são constituídos pelas assistentes que fazem 8 horas por dia durante 5 dias por semana e que por consequente não operam ao sábado e as assistentes que fazem 8 horas por dia durante 4 dias e irão num dia da semana operar apenas 4 horas dado que ainda irão fazer 4 horas no sábado.

Número mínimo de assistentes a fazer Sábado:

Grupo	Tipo	Assistentes ao Sábado (min)
A1	Consultas do Dr. Francisco	1
A2	Consultas de Pediatria	1
A3	Consultas Gerais	12

Tabela 2: Número mínimo de assistentes a fazer Sábado

Ao sábado serão necessárias pelo menos uma assistente para consultas do Dr. Francisco, uma assistente para consultas de Pediatria e 12 assistentes gerais para fazerem face ao normal funcionamento da clínica. Isto significa que deverão estar presentes pelo menos 14 assistentes. Estas 14 assistentes realizarão um meio dia num dos dias da semana. A escolha desse dia faz parte da solução do problema.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

O modelo irá ainda tolerar incumprimentos no número de consultas com omissão de assistente, possibilitando desta forma a disponibilização de soluções que vão para além do estrito cumprimento do requisito de ter uma assistente por consulta. Este é um aspeto que se desvia da correta solução pretendida, mas que permite observar soluções próximas do ideal. Nesse sentido, a formulação irá penalizar fortemente todas as soluções que apresentem este perfil de inconformidade, permitindo que essas soluções surjam apenas se for impossível resolver o problema, ou seja, a garantia de afetação de uma assistente por cada consulta. Efetivamente, e da informação recolhida, esta tolerância não se desvia significativamente do perfil de funcionamento real do problema. Assim, os limites máximos de incumprimento de cobertura de consultas/postos, de cada tipo (A1 a A4), é:

Grupo	Tipo	Limite máximo de incumprimentos
A1	Consultas do Dr. Francisco	1
A2	Consultas de Pediatria	0
A3	Consultas Gerais	2
A4	Esterilização	0

Tabela 3: Limites máximos de incumprimento

Estas tolerâncias dizem-nos que no caso das assistentes para consultas do Dr. Francisco a aplicação pode ter um incumprimento máximo de uma assistente; já para as assistentes para consultas de Pediatria e para as assistentes de esterilização não existe tolerância, obrigando a uma cobertura integral de todas as consultas/postos requeridas. Relativamente às assistentes gerais é concedida uma tolerância de 2 assistentes relativamente à cobertura necessária para as consultas deste tipo que decorram ao longo de toda a semana. A tolerância global, resulta da soma de todas as tolerâncias. Para os dados apresentados, a tolerância global é de 3 assistentes.

Assim nesta primeira formulação, pretende-se planear o número de assistentes em cada horário (os de 8 horas durante 5 dias ou os de 8 horas durante 4 dias mais 1 horário com 4 horas), garantir que existem assistentes suficientes para o número de consultas que a

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

clínica tem (incluindo as tolerâncias), garantir as necessidades de assistentes suficientes ao sábado e respeitar as dispensas que existam durante a semana.

A formulação é constituída por uma função objetivo que agrega duas funções. A primeira função tem como objetivo maximizar a satisfação global da responsável pela calendarização das assistentes e a segunda função tem como objetivo minimizar os incumprimentos. A função objetivo global resulta da soma ponderada destas duas funções, dando prioridade à segunda função. Para esse efeito, usa penalizações adequadas (ponderação). Este procedimento pode ser visto como uma forma de escalarização de uma versão multiobjectivo do problema. No caso em concreto, não há necessidade de tratar o problema como multiobjectivo tendo em conta a clara priorização da segunda função sobre a primeira, na perspetiva aplicada do problema.

Assim a Formulação é constituída pelas seguintes componentes:

Índices:

$h \equiv$ horários semanais, $h = 1, \dots, 4$ (horários de 8 horas);

$m \equiv$ meios-horários, $m = 1, \dots, 19$ (horários de 4 horas);

$j \equiv$ lista de períodos, $j = 1, \dots, 26$ (de 1/2 em 1/2 hora, das 8h às 21h);

$k \equiv$ dia da semana, $k = 1, \dots, 5$ (1: Segunda-Feira, 2: Terça-Feira, ..., 5: Sexta-Feira);

$i \equiv$ tipo de assistente, $i = 1, \dots, 4$ (1: tipo A1, 2: tipo A2, 3: tipo A3, 4: tipo A4).

O índice h é composto por todas as opções de horários semanais existentes, (horários de 8 horas (h_1 a h_4)). O índice m está associado aos horários de meio-dia (4 horas), havendo 19 horários deste tipo no intervalo das 8h às 21h. A unidade usada em todos estes horários corresponde a períodos de 30 minutos, pelo que no intervalo das 8h às 21h ocorre 26 vezes. O índice k representa os dias da semana por isso é compreendido de 1 a 5, ou seja, de segunda a sexta-feira, respetivamente. Por fim, o índice j compreende os quatro diferentes tipos de assistentes, respetivamente, de A1 a A4.

Os parâmetros que integram a formulação são:

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$c1_{ih} \equiv$ nível de preferência de colocação de assistentes do tipo i no horário h (de 8 horas) com um dia de meio-dia, $i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4$;

$c2_{ih} \equiv$ nível de preferência de colocação de assistentes do tipo i no horário h (de 8 horas) em todos os dias da semana (não fazem Sábado), $i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4$;

$c3_{imk} \equiv$ nível de preferência de colocação de assistentes do tipo i no horário de meio-dia m no dia k , $i=1, \dots, 4, m=1, \dots, 19, k=1, \dots, 5$;

$g_i \equiv$ número máximo de assistentes do tipo i que não farão sábado na presente semana, $i=1, \dots, 3$;

$a1_{hj} = \begin{cases} 1 & \text{se o horário } h \text{ (de 8 horas) cobre o período } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$, para $h=1, \dots, 4$ e $j=1, \dots, 26$;

$a2_{mj} = \begin{cases} 1 & \text{se o horário } m \text{ (de meio - dia) cobre o período } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$, para $m=1, \dots, 19$ e $j=1, \dots, 26$;

$d_{ijk} \equiv$ número mínimo de assistentes do tipo i necessárias no período j no dia k , $i=1, \dots, 4, j=1, \dots, 26, k=1, \dots, 5$;

$ls_i \equiv$ número máximo de assistentes do tipo i disponíveis, $i=1, \dots, 3$;

$f_{ik} \equiv$ número de assistentes do tipo i em folga no dia k , $i=1, \dots, 4, k=1, \dots, 5$;

$pw_{ijk} \equiv$ penalização por cada consulta do tipo i sem assistente no período j e no dia k , $i=1, \dots, 4, j=1, \dots, 26, k=1, \dots, 5$;

$mw_{ijk} \equiv$ limite máximo de consultas do tipo i sem assistente no período j e no dia k , $i=1, \dots, 4, j=1, \dots, 26, k=1, \dots, 5$.

As variáveis de decisão são:

$x_{ihk} \equiv$ número de assistentes do tipo i a fazer o horário h durante a semana, exceto no dia k no qual farão um horário de meio-dia, $i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4, k=1, \dots, 5$;

$y_{ih} \equiv$ número de assistentes do tipo i que fazem o horário h durante a semana, exceto num dos dias (no qual farão um horário de meio-dia), $i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4$;

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$z_{ih} \equiv$ número de assistentes do tipo i a fazer o horário h durante os 5 dias da semana, $i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4$;

$v_{imk} \equiv$ número de assistentes do tipo i que vão fazer o horário de meio-dia m no dia $k, i=1, \dots, 4, m=1, \dots, 19, k=1, \dots, 5$;

$w_{ijk} \equiv$ número de consultas do tipo i previstas realizar sem assistente no período j e no dia $k, i=1, \dots, 4, j=1, \dots, 26, k=1, \dots, 5$.

A função objetivo do problema é representada pela seguinte expressão.

Maximizar

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 c1_{ih} y_{ih} + \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 c2_{ih} z_{ih} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{m=1}^{19} \sum_{k=1}^5 c3_{imk} v_{imk} \\
 & - \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{26} \sum_{k=1}^5 p w_{ijk} w_{ijk}
 \end{aligned}$$

Os primeiros 3 termos da função correspondem à primeira função anteriormente referida, associada à satisfação global da responsável pela calendarização das assistentes. O quarto termo corresponde à segunda função, que representa o objetivo de minimizar os incumprimentos (pelo que surge com peso negativo). Para efeitos de priorização da segunda função em relação à primeira, os valores dos parâmetros $p w_{ijk}$ são muito superiores aos valores dos restantes parâmetros da função ($c1_{ih}, c2_{ih}$ e $c3_{imk}$).

De seguida serão apresentadas todas as restrições que caracterizam o conjunto de soluções do problema. Estas restrições decorrem do conjunto de requisitos do problema descritos no subcapítulo 3.1.

Restrições de Cobertura:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 a1_{hj} y_{ih} + \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 a1_{hj} z_{ih} - \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 a1_{hj} x_{ihk} + \sum_{i=1}^4 \sum_{m=1}^{19} a2_{mj} v_{imk} + \sum_{i=1}^4 w_{ijk} \\
 & \geq \sum_{i=1}^4 d_{ijk}, \text{ para } j = 1, \dots, 26 \text{ e } k = 1, \dots, 5
 \end{aligned}$$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Estas restrições traduzem a cobertura da necessidade de assistentes em cada período, para todas as consultas, incluindo a esterilização (A1+A2+A3+A4), admitindo incumprimentos (variáveis w_{ijk}).

$$\sum_{h=1}^4 a1_{hj}y_{1h} + \sum_{h=1}^4 a1_{hj}z_{1h} - \sum_{h=1}^4 a1_{hj}x_{1hk} + \sum_{m=1}^{19} a2_{mj}v_{1mk} + w_{1jk} \geq d_{1jk},$$

para $j = 1, \dots, 26$ e $k = 1, \dots, 5$

Estas restrições traduzem a cobertura da necessidade de assistentes em cada período, para consultas do Dr. Francisco (apenas A1), admitindo incumprimentos (variáveis w_{1jk}).

$$\sum_{h=1}^4 a1_{hj}y_{2h} + \sum_{h=1}^4 a1_{hj}z_{2h} - \sum_{h=1}^4 a1_{hj}x_{2hk} + \sum_{m=1}^{19} a2_{mj}v_{2mk} + w_{2jk} \geq d_{2jk},$$

para $j = 1, \dots, 26$ e $k = 1, \dots, 5$

Estas restrições traduzem a cobertura da necessidade de assistentes em cada período, para consultas de Pediatria (apenas A2), admitindo incumprimentos (variáveis w_{2jk}).

$$\sum_{h=1}^4 a1_{hj}y_{4h} + \sum_{h=1}^4 a1_{hj}z_{4h} - \sum_{h=1}^4 a1_{hj}x_{4hk} + \sum_{m=1}^{19} a2_{mj}v_{4mk} + w_{4jk} \geq d_{4jk},$$

para $j = 1, \dots, 26$ e $k = 1, \dots, 5$

Estas restrições traduzem a cobertura da necessidade de assistentes em cada período, para a esterilização (apenas A4), admitindo incumprimentos (variáveis w_{4jk}).

Os próximos conjuntos de restrições são relativos ao limite de assistentes diárias existentes, ou seja, não podem ser consideradas mais assistentes do que as disponíveis na clínica. Em cada período, as assistentes disponíveis são a totalidade de assistentes menos as que estão de folga.

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 y_{ih} + \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 z_{ih} - \sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 x_{ihk} + \sum_{i=1}^4 \sum_{m=1}^{19} v_{imk} = \sum_{i=1}^3 ls_i - \sum_{i=1}^3 f_{ik}$$

, para $k = 1, \dots, 5$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Estas restrições traduzem que a totalidade de assistentes afetas aos horários deve ser igual à totalidade das assistentes disponíveis ($A1+A2+A3+A4$).

$$\sum_{h=1}^4 y_{1h} + \sum_{h=1}^4 z_{1h} - \sum_{h=1}^4 x_{1hk} + \sum_{m=1}^{19} v_{1mk} \leq ls_1 - f_{1k}, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

Estas restrições traduzem que as assistentes afetas aos horários do tipo A1 não podem ultrapassar a totalidade das assistentes para consultas do Dr. Francisco.

$$\sum_{h=1}^4 y_{2h} + \sum_{h=1}^4 z_{2h} - \sum_{h=1}^4 x_{2hk} + \sum_{m=1}^{19} v_{2mk} \leq ls_2 - f_{2k}, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

Estas restrições traduzem que as assistentes afetas aos horários do tipo A2 não podem ultrapassar a totalidade das assistentes para consultas de Pediatria.

As próximas restrições correspondem aos limites máximos de assistentes que não irão fazer sábados.

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{h=1}^4 z_{ih} \leq \sum_{i=1}^3 g_i$$

$$\sum_{h=1}^4 z_{1h} \leq g_1$$

$$\sum_{h=1}^4 z_{2h} \leq g_2$$

A primeira restrição impõe um limite máximo global no número de assistentes que não farão sábado ($A1+A2+A3+A4$). A segunda restrição diz apenas respeito ao limite de assistentes afetas às consultas do Dr. Francisco que não farão sábado (apenas A1) e a terceira restrição limita o número de assistentes afetas às consultas de Pediatria que não farão sábado.

O próximo conjunto de restrições corresponde aos limites mínimos de assistentes que irão fazer sábado, ou sejam, que foram afetas a horários em que adicionalmente farão um horário de 4 horas durante um dos dias da semana.

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{m=1}^{19} \sum_{k=1}^5 v_{imk} \geq \sum_{i=1}^3 ls_i - \sum_{i=1}^3 g_i$$

Esta restrição traduz que o número de assistentes (de todos os tipos) afetas aos horários de meio-dia deve ser não inferior ao número total de assistentes disponíveis menos as assistentes que irão realizar os horários que não incluem sábado.

$$\sum_{m=1}^{19} \sum_{k=1}^5 v_{1mk} \geq ls_1 - g_1$$

Esta restrição traduz que o número de assistentes que podem realizar consultas do Dr. Francisco (tipo A1) afetas aos horários de meio-dia deve ser não inferior ao número de assistentes disponíveis para esse grupo (A1) excluindo as assistentes desse mesmo grupo afetas a horários que não farão sábado.

$$\sum_{m=1}^{19} \sum_{k=1}^5 v_{2mk} \geq ls_2 - g_2$$

Esta restrição traduz que o número de assistentes que podem realizar consultas de Pediatria (tipo A2) afetas aos horários de meio-dia deve ser não inferior ao número de assistentes disponíveis para esse grupo (A2) excluindo as assistentes desse mesmo grupo afetas a horários que não farão sábado.

Os próximos conjuntos de restrições estabelecem que o número de assistentes afetas a horários com sábados deve ser igual ao número de assistentes afetas a horários de 4 horas.

$$\sum_{h=1}^4 x_{1hk} - \sum_{m=1}^{19} v_{1mk} = 0, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

$$\sum_{h=1}^4 x_{2hk} - \sum_{m=1}^{19} v_{2mk} = 0, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

$$\sum_{h=1}^4 x_{3hk} - \sum_{m=1}^{19} v_{3mk} = 0, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$$\sum_{h=1}^4 x_{4hk} - \sum_{m=1}^{19} v_{4mk} = 0, \text{ para } k = 1, \dots, 5$$

O primeiro conjunto de restrições estão associadas às assistentes afetas às consultas do Dr. Francisco (A1), o segundo conjunto de restrições às assistentes associadas às consultas de Pediatria (A2), o terceiro conjunto de restrições está associado às assistentes de consultas Gerais (A3) e o quarto conjunto de restrições está associado às assistentes afetas à Esterilização (A4).

O próximo conjunto de restrições estabelece que o número de assistentes do tipo i que durante a semana fazem o horário h (de 8 horas durante 4 dias) e que no dia k estão a fazer um horário de 4 horas, não pode ultrapassar o número de assistentes do tipo i afetas (durante a semana) ao horário h .

$$x_{ihk} \leq y_{ih}, \text{ para } i = 1, \dots, 4, h = 1, \dots, 4 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

Adicionalmente, relativamente ao próximo conjunto de equações, para cada tipo i e cada horário h de 8 horas durante 4 dias, o número total de assistentes a realizar o horário h com horário de 4 horas em qualquer dos 5 dias da semana coincide com o número de assistentes a fazer esse mesmo horário h com meio-dia num dos dias da semana (y_{ih}).

$$\sum_{k=1}^5 x_{ihk} = y_{ih}, \text{ para } i = 1, \dots, 4 \text{ e } h = 1, \dots, 4$$

O próximo conjunto de restrições estabelecem limites máximos para as variáveis de tolerância de incumprimentos.

$$w_{ijk} \leq mw_{ijk}, \text{ para } i = 1, \dots, 4, h = 1, \dots, 4 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

Por fim, o último conjunto de restrições estabelecem as condições de domínio de todas as variáveis da formulação, definindo, para todas as variáveis, restrições de integralidade.

$$y_{ih}, z_{ih} \in IN_0, \text{ para } i = 1, \dots, 4 \text{ e } h = 1, \dots, 4$$

$$x_{ihk} \in IN_0, \text{ para } i = 1, \dots, 4, h = 1, \dots, 4 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

$$v_{imk} \in IN_0, \text{ para } i = 1, \dots, 4, m = 1, \dots, 19 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

$$w_{ihk} \in \mathbb{N}_0, \text{ para } i = 1, \dots, 4, h = 1, \dots, 26 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

Esta formulação é transcrita no suporte computacional “OpenSolver”, que opera como suplemento em ambiente Microsoft Excel. A ferramenta “OpenSolver” é gratuita e de código aberto (Andrew J Mason, 2022). Esta aplicação usa o solver CBC desenvolvido pela comunidade de investigação COIN|OR (COIN-OR Foundation, 2022). O solver CBC está abrangido pela “Open Source Initiative (Open Source Initiative & Debian Free Software Guidelines, 2007), sendo disponibilizado através de uma licença “Eclipse Public License” (Eclipse Foundation, 2022).

3.2.2 Formulação para a afetação das assistentes aos horários

A segunda formulação consiste na afetação das assistentes aos horários que a primeira formulação selecionou para fazer face às necessidades da clínica. Assim, esta segunda formulação está assente nos mesmos dados da primeira formulação e irá afetar individualmente cada assistente a um dos horários, entre os horários que resultaram da formulação anterior.

A formulação é constituída por uma função objetivo que incide na maximização da satisfação global das assistentes. Para o efeito, descrevem-se novos conjuntos de índices, de parâmetros e variáveis.

Índices:

$i \equiv$ assistentes, $i = 1, \dots, 20$ (número total de assistentes);

$j \equiv$ horários, $j = 1, \dots, 24$ (todas as possíveis combinações de horários);

$AG = \{6, \dots, 20\}$ (identificação das assistentes de consultas Gerais);

$AF = \{1, 2, 3\}$ (identificação das assistentes para consultas do Dr. Francisco);

$AP = \{4, 5\}$ (identificação das assistentes para consultas de Pediatria);

$AG' = AG \setminus \{\text{assistentes dispensadas}\}$;

$AF' = AF \setminus \{\text{assistentes dispensadas}\}$;

$AP' = AP \setminus \{\text{assistentes dispensadas}\}$;

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$H_sS = \{1, \dots, 4\}$ (horários sem Sábados);

$H_cS = \{1, \dots, 20\}$ (horários com Sábados);

$H_sSG = \{1, \dots, 4\}$ (horários sem Sábado - assistentes Gerais);

$H_cSG = \{1, \dots, 20\}$ (horários com Sábado - assistentes Gerais);

$H_sSF = \{1, \dots, 4\}$ (horários sem Sábado - assistentes Dr. Francisco);

$H_cSF = \{1, \dots, 20\}$ (horários com Sábado - assistentes Dr. Francisco);

$H_sSP = \{1, \dots, 4\}$ (horários sem Sábado - assistentes Pediatria);

$H_cSP = \{1, \dots, 20\}$ (horários com Sábado - assistentes Pediatria);

$HG = H_sSG \cup H_cSG$ (horários Gerais);

$HF = H_sSF \cup H_cSF$ (horários Dr. Francisco);

$HP = H_sSP \cup H_cSP$ (horários Pediatria).

Esta formulação utiliza os seguintes conjuntos de parâmetros:

$h_{tj} \equiv$ número de assistentes do tipo t que irão realizar o horário j , $t=1, \dots, 4$, $j=1, \dots, 24$.

Os valores dos parâmetros h_{tj} obtêm-se a partir da solução ótima da primeira formulação.

$p_{ij} \equiv$ preferência da assistente i pelo horário j , $i=1, \dots, 20$, $j=1, \dots, 24$.

As preferências aqui referidas podem ser definidas numa escala de 1 a 5 ou de 1 a 10 ou outra. Se o modelo considerar uma escala de 1 a 5, na qual o valor 1 corresponde ao mais baixo indicador de preferência e 5 corresponde ao indicador de preferência mais elevado. Assim, se $p_{ij} = 1$, a assistente i manifesta muito reduzido interesse pelo horário j ; se $p_{ij} = 5$, a assistente i manifesta preferência máxima pelo horário j . Para efeitos de equilíbrio entre as várias assistentes, é importante não haver repetição de valores de preferências para o mesmo tipo de horário, ou seja, cada assistente i não pode repetir o mesmo valor de preferência entre os horários do mesmo tipo (horários sem Sábados – $j \in H_sS$ e horários com Sábados – $j \in \{\text{horários do tipo } h1 \text{ com meio-dia no dia } k, k=1, \dots, 5\}$, $j \in \{\text{horários$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

do tipo h2 com meio-dia no dia $k, k=1, \dots, 5$, $j \in \{\text{horários do tipo h3 com meio-dia no dia } k, k=1, \dots, 5\}$ e $j \in \{\text{horários do tipo h4 com meio-dia no dia } k, k=1, \dots, 5\}$).

A formulação envolve apenas o seguinte conjunto de variáveis binárias:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a assistente } i \text{ faz o horário } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}, \text{ para } i = 1, \dots, 20 \text{ e } j = 1, \dots, 24$$

Como foi referido anteriormente, o número de assistentes necessárias em cada horário é previamente determinado pela resolução da formulação descrita na secção anterior. Isto significa que cada um dos 24 horários disponíveis tem associado o número de assistentes de que necessita, sendo assim um dado de entrada para a presente formulação. Nestas circunstâncias, sabemos antecipadamente quantas assistentes do cada tipo (A1, A2, A3 ou A4) iremos precisar em cada um dos horários. Por este motivo, o problema de afetação aqui analisado pode ser separado em 3 subproblemas independentes, onde o primeiro subproblema determina a afetação das assistentes aos horários das consultas Gerais, o segundo subproblema determina a afetação das assistentes do tipo A1 (Dr. Francisco) aos respetivos horários; e o terceiro subproblema determina a afetação das assistentes do tipo A2 (Pediatria) aos horários que lhe estão associados. Em todos estes subproblemas, pretende-se determinar uma solução de afetação, maximizando a satisfação global manifestada pelas assistentes. Os conjuntos de restrições dos três subproblemas são coerentes com os conjuntos de assistentes e horários neles envolvidos.

Desta forma, as formulações dos três subproblemas são:

Primeiro subproblema – assistentes Gerais e na Esterilização

Maximizar

$$\sum_{i \in AG'} \sum_{j \in HG} p_{ij} x_{ij}$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in HG} x_{ij} \leq 1, \text{ para todo } i \in AG'$$

$$\sum_{i \in AG'} x_{ij} = h_{3j} + h_{4j}, \text{ para todo } j \in HG$$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \text{ para todo } i \in AG', j \in HG$$

Segundo subproblema – assistentes para consultas do Dr. Francisco

Maximizar

$$\sum_{i \in AF'} \sum_{j \in HF} p_{ij} x_{ij}$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in HF} x_{ij} \leq 1, \text{ para todo } i \in AF'$$

$$\sum_{i \in AF'} x_{ij} = h_{1j}, \text{ para todo } j \in HF$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \text{ para todo } i \in AF', j \in HF$$

Terceiro subproblema – assistentes para consultas de Pediatria

Maximizar

$$\sum_{i \in AP'} \sum_{j \in HP} p_{ij} x_{ij}$$

Sujeito a

$$\sum_{j \in HP} x_{ij} \leq 1, \text{ para todo } i \in AP'$$

$$\sum_{i \in AP'} x_{ij} = h_{2j}, \text{ para todo } j \in HP$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \text{ para todo } i \in AP', j \in HP$$

Em cada um destes subproblemas, o primeiro conjunto de restrições estabelece que cada assistente não pode estar afeta a mais do que um dos horários selecionados pela formulação anterior; e o segundo conjunto de restrição garante que cada horário receberá exatamente o número de assistentes (h_{tj}) pretendido, tendo em conta os diferentes tipos de assistente, nomeadamente, do tipo A1, A2, A3 e A4, correspondendo a $t=1,2,3,4$, respetivamente.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo serão conduzidos os testes computacionais que permitirão analisar e discutir as soluções geradas pelas formulações propostas no capítulo anterior. Para o efeito, começamos por descrever os dados de suporte a essas formulações e que inicializam a discussão pretendida. Esta informação inclui dados operacionais e dados relativos às preferências. Os dados operacionais correspondem ao perfil de uma semana habitual do funcionamento da clínica, de acordo com a informação que nos foi transmitida pela responsável pela calendarização das assistentes. Os dados relativos às preferências, incluem as preferências definidas pela responsável pela calendarização das assistentes, que integrarão a primeira formulação; e as preferências das assistentes pelos horários considerados, que integrarão a segunda formulação. Os dados referentes às preferências foram ficcionados, servindo apenas para o presente estudo. Todos estes dados foram usados nas análises que realizámos nas diversas reuniões que tivemos na clínica, para discussão do desenvolvimento dos modelos e para a análise das soluções e sua adequação em contexto real.

Tendo em conta que a versão computacional das formulações foi construída em ambiente Microsoft Excel, os dados foram também introduzidos nesse mesmo ambiente, em interfaces específicas. Nesse sentido, as imagens que apresentaremos são oriundas da aplicação aí desenvolvida.

Após descrever os dados que irão ser utilizados na presente discussão, e que correspondem à informação transmitida pela clínica, iremos analisar os seguintes cenários:

- Plano de horários semanais composto por 4 horários diários de 8 horas/dia, durante 4 dos 5 dias de segunda a sexta-feira e meio-dia (4 horas) no dia sobran-te, com os restantes dados e parâmetros a descreverem a situação atual;
- Situação atual da clínica, com 4 horários diários de 7 ou 8 horas;
- Plano de horários semanais composto por 4 horários diários de 8 horas/dia, durante 4 dos 5 dias de segunda a sexta-feira e meio-dia (4 horas) no dia sobran-te,

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

sem assistentes dispensadas e com tolerância de incumprimento de consultas diminuído.

- Plano de horários semanais composto por 4 horários diários de 8 horas/dia, durante 4 dos 5 dias de segunda a sexta-feira e meio-dia (4 horas) no dia sobran-te, com 5 assistentes dispensadas e com tolerância de incumprimento de consultas aumentado.
- Plano de horários semanais composto por 4 horários diários de 8 horas/dia, durante 4 dos 5 dias de segunda a sexta-feira e meio-dia (4 horas) no dia sobran-te, com o aumento em um valor do número de consultas semanais e os restantes dados e parâmetros a descreverem a situação atual.

4.1 Dados e informação de suporte à primeira formulação

Começamos por descrever os dados de suporte à primeira formulação, que otimiza a afetação de recursos aos horários. Todos os dados apresentados em fundo azul, correspondem às células que podem ser alteradas para efeitos de parametrização dos modelos. Os dados apresentados na Figura 4 correspondem à informação global de disponibilidade de assistentes, de limites no número de assistentes requeridas ao Sábado e limites de incumprimento. Esta informação está próxima do cenário atual de funcionamento da clínica. Por esse motivo, será aqui considerado como cenário inicial.

Tipos de assistentes:	disponibilidade máxima:	número mínimo de assistentes que irão fazer Sábado (com folga de meio-dia à semana):
A1: assistentes para as consultas do Dr. Francisco	<= 3	A1 A2 A3
A2: assistentes para as consultas de Pediatria	<= 2	1 1 12
A3: assistentes gerais	<= 15 (inclui esteril.)	
A4: assistentes na esterilização (não contabilizam nas consultas)		número máximo de assistentes que não fazem Sábado:
A5: assistentes dispensadas (férias, folga, etc)		A1 A2 A3
	A1 A2 A3	2 1 3 (=Ai-Si)
nº máximo de gabinetes:	2ª 1 0 0	
14	3ª 1 0 0	
	4ª 1 0 0	
	5ª 1 0 0	
	6ª 1 0 0	
	Total 1 0 0	limite máximo de incumprimento de cobertura de consultas/postos
		A1 A2 A3 A4 Global
		1 0 2 0 3

Figura 4: Interface de Dados Gerais

No topo da Figura 4, à esquerda, temos os limites máximos de assistentes de cada um dos 3 tipos A1, A2 e A3, representado na primeira formulação por $ls_1=3$, $ls_2=2$ e $ls_3=15$. Um pouco abaixo surge o número de assistentes de cada tipo i ($i=1, 2, 3$) em folga no dia k ($k=1, \dots, 5$), representado na primeira formulação pelos parâmetros f_{ik} . Agora do lado

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

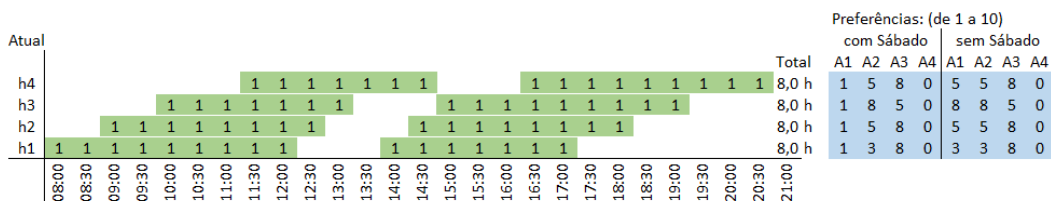


Figura 6: Interface de dados dos horários de 8 horas

Na Figura 6, são representadas as manchas dos 4 horários de 8 horas propostos, aos quais estão associados os parâmetros $a1_{hj}$ ($h=1, \dots, 4$ e $j=1, \dots, 26$). Na mesma figura surgem também os valores das preferências de colocação de assistentes de cada um dos tipos ($i=1, \dots, 4$) em cada um dos horários ($h=1, \dots, 4$), sem e com Sábados, correspondendo na primeira formulação aos parâmetros $c1_{ih}$ e $c2_{ih}$, respetivamente. Estes parâmetros surgem na função objetivo dessa formulação e são controlados pela responsável pela calendarização das assistentes da clínica.

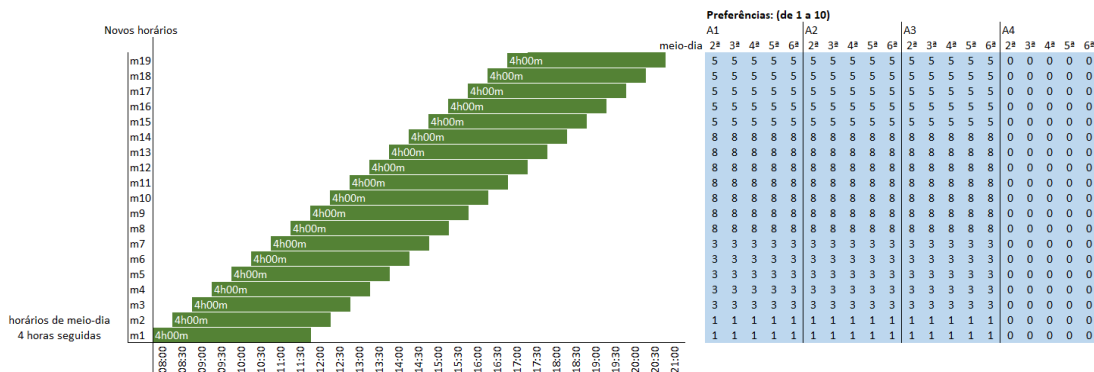


Figura 7: Interface de dados dos horários de 4 horas

Na Figura 7, apresentam-se as manchas dos 19 horários de meio-dia (4 horas), aos quais estão associados os parâmetros $a2_{mj}$ ($m=1, \dots, 19$ e $j=1, \dots, 26$). A figura apresenta também os valores das preferências de colocação de assistentes de cada um dos tipos ($i=1, \dots, 4$) em cada um dos horários de meio-dia ($m=1, \dots, 19$), que podem ocorrer em cada dia k ($k=1, \dots, 5$), correspondendo na primeira formulação aos parâmetros $c3_{ihk}$, respetivamente. Estes parâmetros surgem também na função objetivo da primeira formulação e são também controlados pela responsável pela calendarização das assistentes da clínica.

As penalizações aplicadas na função objetivo da primeira formulação por cada consulta do tipo i ($i=1, \dots, 4$) sem assistente no período j ($j=1, \dots, 26$) no dia k ($k=1, \dots, 5$) foram padronizado com os seguintes valores (parâmetros pw_{ijk} na formulação): $pw_{ijk}=2000$ para $i=1,2,4$ e $pw_{3jk}=1000$. Desta forma, considerou-se ser maior a penalização por falhas nas consultas do Dr. Francisco, de Pediatria e presenças na Esterilização, associadas às assistentes dos tipos A1, A2 e A4, respetivamente.

4.2 Dados e informação de suporte à segunda formulação

Em relação à segunda formulação, referente à afetação das assistentes aos horários, os dados têm duas origens diferentes: dados fornecidos pelas assistentes e dados obtidos a partir da solução determinada pela primeira formulação.

Os dados fornecidos pelas assistentes correspondem às preferências que estas têm por cada um dos horários disponíveis, incluindo horários com e sem Sábado. Estas preferências são representadas na segunda formulação pelos parâmetros p_{ij} . Para o caso em análise, assumiram valores numa escala de 1 a 5, onde o valor 1 corresponde ao mais baixo indicador de preferência e 5 corresponde ao indicador de preferência mais elevado. Assim, se $p_{ij} = 1$, a assistente i manifesta muito reduzido interesse pelo horário j ; e se $p_{ij} = 5$, a assistente i manifesta preferência máxima pelo horário j . Como referido anteriormente, para efeitos de equilíbrio entre as várias assistentes, é importante não haver repetição de valores de preferências para o mesmo tipo de horário, ou seja, cada assistente i não pode repetir o mesmo valor de preferência entre os horários do mesmo tipo (entre os horários sem Sábados e entre os vários tipos de horários com Sábados).

A Figura 8 apresenta os valores das preferências considerados nos testes computacionais que se seguirão. Estes valores foram ficcionados, sendo válidos apenas para efeitos do presente projeto.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Gerais + Esterilização		ass. em h1= 2 ass. em h1= 0		ass. em h2= 1 ass. em h2= 0		ass. em h3= 3 ass. em h3= 0		ass. em h4= 5 ass. em h4= 0		<-- Gerais <-- Esterilização		dispensadas	Total													
Nome	Preferências nº	sem Sábado				com Sábado																				
		h1	h2	h3	h4	h1-2	h1-3	h1-4	h1-5	h1-6	h2-2	h2-3	h2-4	h2-5	h2-6	h3-2	h3-3	h3-4	h3-5	h3-6	h4-2	h4-3	h4-4	h4-5	h4-6	
N6	6	3	2	1	4	1	3	2	4	5	4	3	2	5	1	3	2	1	4	5	5	4	3	2	1	n
N7	7	3	4	1	2	1	5	4	3	2	2	3	4	1	5	2	3	1	5	4	2	3	1	5	4	n
N8	8	4	3	2	1	5	4	2	1	3	3	2	4	5	1	3	2	4	5	1	5	4	1	2	3	n
N9	9	3	4	2	1	1	2	3	4	5	3	2	5	4	1	1	5	2	4	3	3	2	4	1	5	n
N10	10	3	4	1	2	1	5	4	3	2	5	1	2	3	4	2	3	4	1	5	2	1	3	4	5	n
N11	11	4	3	2	1	5	4	1	2	3	3	1	4	5	2	4	5	1	2	3	3	1	4	2	5	n
N12	12	1	2	3	4	4	5	1	2	3	3	1	4	5	2	2	4	5	3	1	1	4	2	3	5	n
N13	13	2	1	4	3	3	5	4	1	2	1	2	4	5	3	2	5	3	1	4	1	3	2	4	5	n
N14	14	4	3	2	1	5	4	1	2	3	3	1	4	5	2	4	5	1	2	3	3	1	4	2	5	n
N15	15	2	4	1	3	5	4	1	3	2	1	2	3	4	5	2	5	4	1	3	2	3	1	4	5	n
N16	16	3	4	1	2	1	5	4	3	2	2	3	4	1	5	2	3	1	5	4	2	3	1	5	4	n
N17	17	4	3	2	1	5	4	2	1	3	3	2	4	5	1	3	2	4	5	1	5	4	1	2	3	n
N18	18	3	4	2	1	1	2	3	4	5	3	2	5	4	1	1	5	2	4	3	3	2	4	1	5	n
N19	19	3	4	1	2	1	5	4	3	2	5	1	2	3	4	2	3	4	1	5	2	1	3	4	5	n
N20	20	4	3	2	1	2	3	1	5	4	3	2	1	5	4	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	n
nº de assistentes necessárias		2	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0

Consultas do Dr. Francisco		ass. em h1= 0		ass. em h2= 1		ass. em h3= 0		ass. em h4= 0		dispensadas	Total															
Nome	Preferências nº	sem Sábado				com Sábado																				
		h1	h2	h3	h4	h1-2	h1-3	h1-4	h1-5	h1-6	h2-2	h2-3	h2-4	h2-5	h2-6	h3-2	h3-3	h3-4	h3-5	h3-6	h4-2	h4-3	h4-4	h4-5	h4-6	
N1	1	3	2	1	4	1	3	2	4	5	4	3	2	5	1	3	2	1	4	5	5	4	3	2	1	s
N2	2	3	4	1	2	1	5	4	3	2	2	3	4	1	5	2	3	1	5	4	2	3	1	5	4	n
N3	3	4	3	2	1	2	3	1	5	4	3	2	1	5	4	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	n
nº de assistentes necessárias		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Pediatria		ass. em h1= 0		ass. em h2= 1		ass. em h3= 0		ass. em h4= 1		dispensadas	Total																
Nome	Preferências nº	sem Sábado				com Sábado																					
		h1	h2	h3	h4	h1-2	h1-3	h1-4	h1-5	h1-6	h2-2	h2-3	h2-4	h2-5	h2-6	h3-2	h3-3	h3-4	h3-5	h3-6	h4-2	h4-3	h4-4	h4-5	h4-6		
N4	4	5	3	4	1	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	n	
N5	5	5	3	4	1	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	n	
nº de assistentes necessárias		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Figura 8: Interface da segunda formulação

Para melhor descrever a inserção destes dados na interface, deverão ser inseridos os nomes das assistentes nos campos identificados para tal. As assistentes estão repartidas por grupo, ou seja, por assistentes Gerais, assistentes para consultas do Dr. Francisco e assistentes para consultas de Pediatria. Após colocados os nomes das assistentes segue-se a colocação das preferências individuais das mesmas relativas às possibilidades de horários existentes. As primeiras quatro colunas de horários são referentes aos horários sem sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta, a partir dessas quatro colunas começam os horários que irão fazer sábado, ou seja, que irão fazer horários de 8 horas durante quatro dias da semana e irão fazer 4 horas num dia da semana à escolha do modelo mais 4h ao sábado. As preferências relativas a este segundo tipo de horários colocam-se da mesma forma dos horários do primeiro tipo mas deve se ter em atenção ao cabeçalho da tabela, pois, começando pelo o primeiro horário, o horário h1-2, significa

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

que a assistente irá realizar o horário h1 durante a semana exceto à segunda-feira onde irá realizar um horário de 4 horas, já o horário h1-3 significa que a assistente irá realizar o horário h1 durante a semana exceto à terça-feira onde irá realizar um horário de 4 horas, já o horário h2-2 significa que a assistente irá realizar o horário h2 durante a semana exceto à segunda-feira onde irá realizar um horário de 4 horas. Nestas tabelas, podem ainda ser definido o estado de disponibilidade de cada assistente, ou seja, se está dispensada ou não. Para esse efeito, será necessário colocar um “s” (sim, está dispensada) ou “n” (não, não está dispensada), estes dados são inseridos na última coluna das tabelas das preferências.

O número de assistentes necessárias em cada horário, definido pelo parâmetro h_{ij} ($t=1, \dots, 4$ e $j=1, \dots, 24$) são obtidos a partir da solução determinada pela primeira formulação. Os valores atribuídos a estes parâmetros podem também ser observados na Figura 8 em cada uma das três tabelas, correspondendo às assistentes Gerais e de Esterilização, às assistentes do Dr. Francisco e às assistentes de Pediatria, na linha com a indicação “número de assistentes necessárias”.

4.3 Discussão das soluções

Na discussão de resultados, começamos por apresentar as soluções decorrentes da resolução das formulações descritas no capítulo 3, considerando os dados definidos nos subcapítulos 4.1 e 4.2. De seguida, será apresentada a solução real e atual em que a clínica opera, utilizando três horários de 7 horas e um de 8 horas, sem qualquer recurso aos horários de 4 horas. Estas primeiras soluções permitirão comparar o efeito na nova proposta de funcionamento em relação ao modo de funcionamento atualmente em vigor. Posteriormente, são apresentadas três cenários alternativos, de forma a mostrar como o modelo computacional se comporta com as diferentes situações. As situações apresentadas irão alterar principalmente o número de assistentes dispensadas, mas será apresentada de igual forma uma solução com maior volume de consultas, aumentando uma unidade o número de consultas inicialmente definido.

Na descrição destas soluções, serão apresentados também pela primeira vez as interfaces de soluções obtidas a partir das duas formulações propostas no Capítulo 3.

Como afirmado anteriormente, todos os testes computacionais aqui apresentados recorreram ao CBC da COIN|OR para resolução das formulações. O tempo requerido para a resolução de todas as formulações foi sempre inferior a 1 minuto.

4.3.1 Plano de horários proposto

Atendendo aos dados operacionais e de preferências anteriormente definidos, a solução ótima da primeira formulação estabelece o número de assistentes afetas a cada horário para todos os dias da semana, bem como o horário de 4 horas que as assistentes terão de realizar.

A Figura 9 representa o número de assistentes Gerais afetas a cada um dos horários. A figura descreve apenas a solução referente a Segunda-Feira dado que os horários selecionados se irão manter durante toda a semana e as únicas diferenças ocorrerão nos dias da semana em que os horários de 4 horas são atribuídos. No Apêndice 1 apresentam-se todos os restantes quadros referentes a esta solução, associados aos dias da semana de Terça a Sexta-feira.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Solução referente à afetação das assistentes de consultas Gerais (apenas Segunda-Feira):

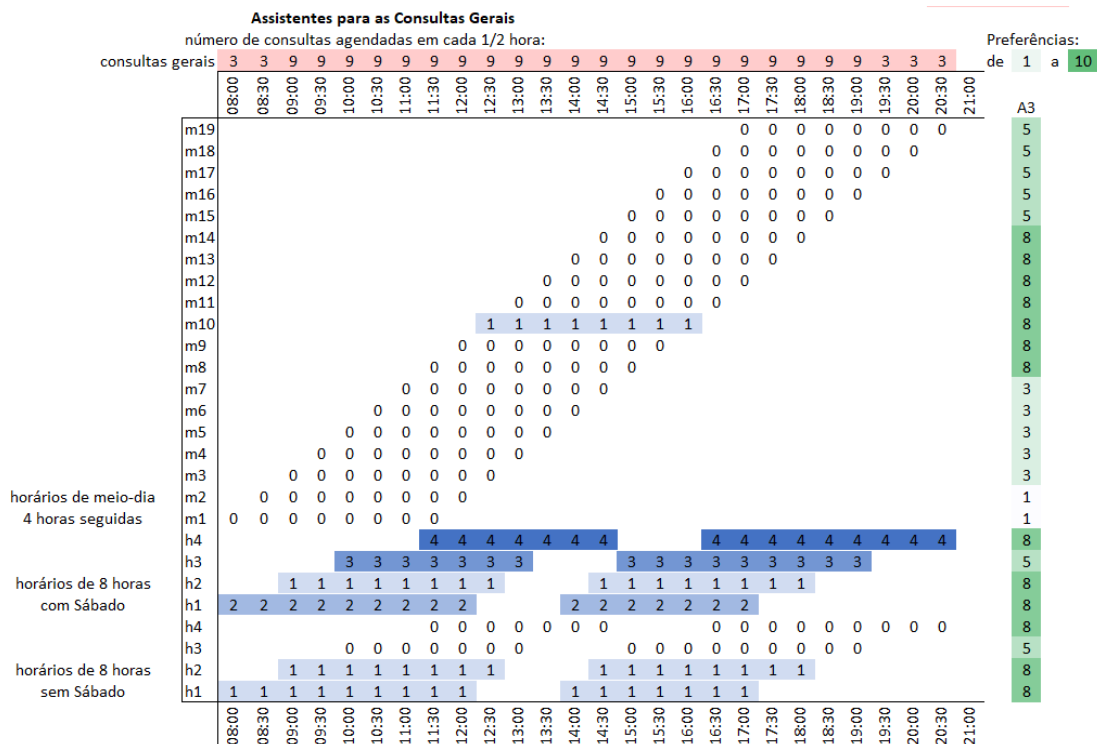


Figura 9: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto

Assim ao resolver a primeira formulação, o modelo computacional diz nos que do grupo das assistentes Gerais, duas assistentes irão realizar o horário h1 e o horário h2 durante os cinco dias da semana (não realizam Sábado). Em relação às assistentes que irão fazer sábados e um horário de 4 horas durante um dia da semana, temos que 2 assistentes irão fazer o horário h1, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas; 1 assistentes irá fazer o horário h2, exceto num dia em que terá de fazer um horário de 4 horas; 3 assistentes irão fazer o horário h3, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas; 4 assistentes irão fazer o horário h4, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas. Entre estas assistentes que irão realizar um horário de meio-dia num dos dias da semana, na presente Segunda-Feira, haverá já uma dessas assistentes que irá realizar o seu horário de 4 horas, mais concretamente o horário m10 (das 12h30m às 16h30m).

As interfaces de resultados da primeira formulação, são todas esquematizadas desta forma, estando divididas por grupo de assistentes e por dia da semana. Na mesma figura,

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Solução referente à afetação das assistentes de consultas de Pediatria (apenas Segunda-Feira):

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																				Preferências:									
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																				(de 1 a 10)									
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2		
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																												5		
	m18																													5	
	m17																													5	
	m16																													5	
	m15																													5	
	m14																													8	
	m13																													8	
	m12																														8
	m11																														8
	m10																														8
	m9																														8
	m8																														8
	m7																														3
	m6																														3
	m5																														3
	m4																														3
	m3																														3
	m2																														1
	m1																														1
horários de 8 horas com Sábado	h4																													5	
	h3																													8	
	h2																													5	
	h1																													3	
horários de 8 horas sem Sábado	h4																													5	
	h3																													8	
	h2																													5	
h1																													3		

Figura 11: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto

No grupo de assistentes de consultas de Pediatria, a solução obtida indica que das assistentes que irão fazer sábados e um horário de 4 horas durante um dia da semana, uma assistente irá fazer o horário h2, exceto num dia em que terá de fazer um horário de 4 horas e uma outra assistente irá fazer o horário h4.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Solução referente à afetação das assistentes na Esterilização (apenas Segunda-Feira):

		Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)																		Preferências:											
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																		(de 1 a 10)											
postos na esterilização		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A4		
horários de meio-dia 4 horas seguidas																														0	
horários de 8 horas com Sábado																															0
horários de 8 horas sem Sábado																															0

Figura 12: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto

Estas assistentes fazem parte do grupo de assistentes para consultas Gerais, mas são atribuídas não a gabinetes de consulta, mas sim a uma sala necessária à clínica em que são esterilizados materiais necessários para a realização de consultas, e para isso é necessário ter no mínimo uma assistente afeta a esta sala de esterilização. De forma a ser mais fácil de realizar esta atribuição, os horários destas assistentes são apresentados de forma separada das assistentes Gerais.

Neste caso, a solução indica que duas assistentes irão realizar o horário h1 e o horário h4 durante a semana inteira e não irão realizar sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta. Assim dado que nenhuma das assistentes aqui afetas irá realizar sábado, e sendo necessária pelo menos uma assistente sempre presente na esterilização, no sábado essa vaga será ocupada por assistentes dos outros grupos de assistentes a determinar pela responsável pela calendarização.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Ao somar o número de assistentes total afetas prefaz as 19 assistentes ao serviço significando que todas as assistentes foram afetas a um horário.

Nas interfaces de resultados diários são ainda apresentados vários gráficos para melhor interpretação da eficácia do modelo e de forma a poder verificar se as assistentes afetas satisfazem a procura indicada.

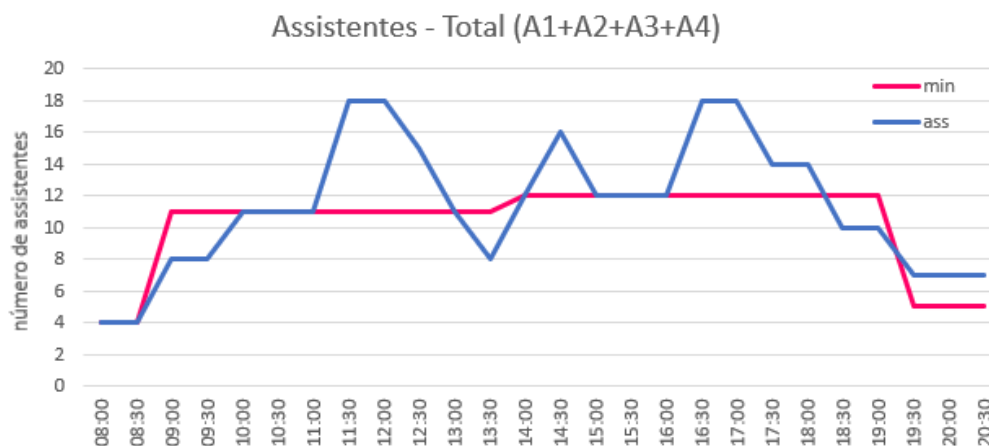


Figura 13: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto

O gráfico apresentado na Figura 13 representa o número total de assistentes ao serviço em cada período (linha azul) à Segunda-Feira, de acordo com a solução ótima determinada pela primeira formulação. A linha a vermelho, indica o número total de consulta previstas. Neste gráfico podemos observar a diferença entre o número de assistentes requeridas (número de consultas) e o número de assistentes afetas. Atendendo ao facto de haver uma tolerância máxima total de 3 assistentes em cada período, podemos afirmar que a solução satisfaz os pedidos, à exceção de três períodos, nos quais o número de assistentes afetas é inferior ao número de assistentes requeridas. Esses períodos são das 8h30m às 10h, das 13h às 14h e das 18h às 19h.

É importante referir que se a formulação fosse resolvida com tolerância nula em relação às consultas sem assistente, mantendo todos os restantes dados, o problema seria impossível. De facto, e atendendo aos dados definidos, nomeadamente quanto à disponibilidade de assistentes e assistentes dispensadas, a solução dá prioridade à

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

minimização do número de consultas realizadas sem assistente, tal como definido na respetiva função objetivo.

Considerando agora a solução determinada pela primeira formulação, relativa à afetação do número de assistentes necessárias aos horários disponíveis, passamos para a resolução da segunda formulação. Nesta segunda formulação pretende-se afetar individualmente as assistentes aos horários selecionados. A tabela que se segue, representada na Figura 14, mostra a folha de resultados obtida.

Nome	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Dr. F	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Dr. F	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
N1	0	0	0	0	0	0	----	----	----	----	----	Dr. F	----	----	----	----	----
N2	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N3	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6	h2	h2	h2	h2	h2	Horário m	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N4	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	P	h4	Horário m h4	h4	h4	P	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N5	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2	h2	Horário m h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N6	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	G + E	h2	Horário m h2	h2	h2	G + E	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N7	h3-5	h3-5	h3-5	h3-5	h3-5	h3	h3	Horário m h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3
N8	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N9	h3-3	h3-3	h3-3	h3-3	h3-3	h3	h3	Horário m h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3
N10	h1-4	h1-4	h1-4	h1-4	h1-4	h1	h1	Horário m h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1
N11	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1
N12	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N13	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1	h1	Horário m h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1
N14	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4	h4	h4	h4	h4	Horário m	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N15	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N16	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4	h4	h4	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N17	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N18	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N19	h3-6	h3-6	h3-6	h3-6	h3-6	h3	h3	h3	h3	Horário m	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3
N20	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1

Figura 14: Afetação individual dos horários referentes ao plano de horários proposto

Horários	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Dr. Francisc					1xm1
Pediatria		2xm10			
Gerais + Esteriliza	1xm10	1xm10; 3xm1	1xm10; 1xm1	1xm10; 1xm2	1xm10; 1xm3

Figura 15: Afetação dos horários m referentes ao plano de horários proposto

Nesta Figura 14, podem-se observar os horários afetos a cada assistente. Para melhor interpretação, a tabela está dividida em três partes. Caso a assistente esteja dispensada, aparece na folha de resultados com “----”. Assim, podemos verificar que cada assistente ao serviço possui um horário de 8 horas atribuído (horário do tipo h). Nos dias de semana em que não existem horários do tipo h atribuídos, as assistentes terão de realizar um horário de 4 horas, surgindo na tabela da Figura 14 com a designação “horário m “. Isto permite que a responsável pela calendarização das assistentes possa escolher entre os

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

diferentes horários de meios-dias (horários m) disponíveis. Esses horários de meio-dia (horários m) selecionados, surgem na tabela da Figura 15, que indica o número total desse tipo de horários para um determinado grupo de assistentes e respetivo dia da semana. Os horários de meios-dias (horários m) surgem no quadro por grupo de assistentes e por dia da semana. Os horários são apresentados no formato (número de horários m disponíveis) × (nome do horário), ou seja, a título de exemplo, se para as assistentes Gerais, a uma segunda-feira, estão disponíveis para atribuição 3 horários m10, a designação no quadro surgirá “3xm10”. Assim, podemos verificar que, por exemplo, para o grupo de assistentes de consultas Gerais, temos um horário m10 para atribuir à segunda-feira. Já para terça-feira, temos um horário m10 e três horários m1 para atribuir. Na quarta-feira, temos um horário m10 e um m1 para atribuir, na quinta-feira temos um horário m10 e um m1 e por fim na sexta-feira temos um horário m10 e um m3 para atribuir. A macro do Excel que proporciona o preenchimento desta tabela da Figura 15, a partir das soluções determinadas, é ativada ao clicar no botão “Ver horários m”, que irá executar um módulo escrito em linguagem VBA do Microsoft Excel, apresentado no Apêndice 2.

4.3.2 Solução atualmente em vigor (otimizada)

Para efeitos comparativos, dentro de uma comparação possível, apresenta-se a solução atual, usando o plano de horários que a clínica tinha em vigor no início do presente projeto. Esse plano usa manchas de horários com três horários de 7 horas e um de 8 horas, sem qualquer recurso aos horários de 4 horas. Todos os restantes parâmetros anteriormente considerados foram mantidos. Para esse efeito, são eliminadas da primeira formulação todas as variáveis $\{x_{ihk}, i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4, k=1, \dots, 5\}$, todas as variáveis $\{y_{ih}, i=1, \dots, 4, h=1, \dots, 4\}$ e $\{v_{imk}, i=1, \dots, 4, m=1, \dots, 19, k=1, \dots, 5\}$. São também eliminadas todas as restrições que apenas envolvam as variáveis eliminadas e as restrições que limitam superiormente o número de assistentes que não realizarão Sábados. As restrições que limitam inferiormente o número de assistentes a realizar Sábados passam a ser definidos por

$$\sum_{i=1}^4 (z_{i1} + z_{i2} + z_{i4}) \geq \sum_{i=1}^3 ls_i - \sum_{i=1}^3 g_i$$

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

$$z_{11} + z_{12} + z_{14} \geq ls_1 - g_1$$

$$z_{21} + z_{22} + z_{24} \geq ls_2 - g_2$$

Também para a totalidade das assistentes, para as assistentes do Dr. Francisco e para as assistentes de Pediatria, respetivamente.

Nas Figura 16 e 17, apresentam-se todos os dados operacionais considerados (os mesmos que no cenário inicial) e as manchas de horários em vigor no início do presente projeto.

Tipos de assistentes:	disponibilidade máxima:	número mínimo de assistentes que irão fazer Sábado (com folga de meio-dia à semana):
A1: assistentes para as consultas do Dr. Francisco	<= 3	A1 A2 A3
A2: assistentes para as consultas de Pediatria	<= 2	1 1 12
A3: assistentes gerais	<= 15 (inclui esteril.)	número máximo de assistentes que não fazem Sábado:
A4: assistentes na esterilização (não contabilizam nas consultas)		A1 A2 A3
A5: assistentes dispensadas (férias, folga, etc)		2 1 3 (=Ai-Si)
nº máximo de gabinetes:	A1 A2 A3	limite máximo de incumprimento de cobertura de consultas/postos
14	2ª 1 0 0	A1 A2 A3 A4 Global
	3ª 1 0 0	1 0 2 0 3
	4ª 1 0 0	
	5ª 1 0 0	
	6ª 1 0 0	
	Total 1 0 0	

Figura 16: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário atualmente em vigor

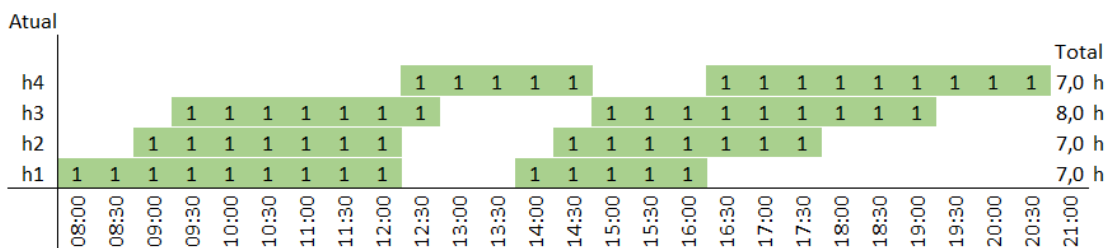


Figura 17: Conjunto de horários referentes ao cenário atualmente em vigor

A solução ótima da primeira formulação vem representada nas Figuras 18 a 21:

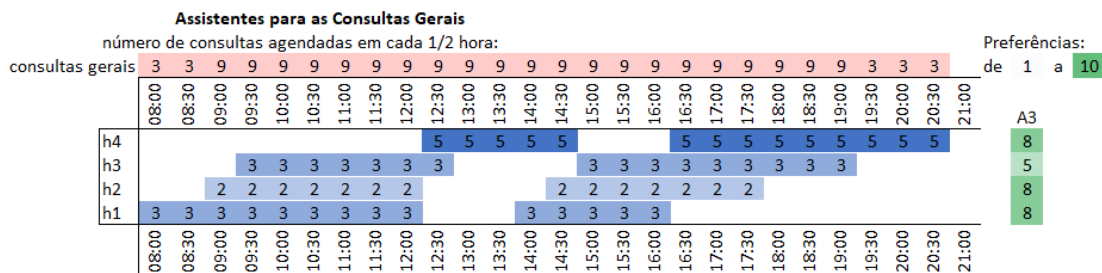


Figura 18: Horários A3 referentes ao cenário atualmente em vigor

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para as Consultas do Dr. Francisco
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

consultas do Dr. Francisco	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h4										1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3				0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h2			1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1							
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Preferências: (de 1 a 10)

A1	5
8	3
5	
3	

Figura 19: Horários A1 referentes ao cenário atualmente em vigor

Assistentes para as Consultas de Pediatria
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

consultas de Pediatria	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
h4										1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3				0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
h2			1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1							
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Preferências: (de 1 a 10)

A2	5
8	3
5	
3	

Figura 20: Horários A2 referentes ao cenário atualmente em vigor

Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

postos na esterilização	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h4										1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3				0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h2			0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0							
h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1									

Preferências: (de 1 a 10)

A4	0
0	0
0	0
0	0

Figura 21: Horários A4 referentes ao cenário atualmente em vigor

Esta solução afetou, no grupo de assistentes Gerais, 3 assistentes no horário h1, 2 assistentes no horário h2, 3 assistentes no horário h3 e 5 assistentes no horário h4. Já no grupo de assistentes para consultas do Dr. Francisco, afetou uma assistente ao horário h2 e uma assistente ao horário h4, de forma a cumprir com o número de consultas previstas. De igual forma no grupo de assistentes para consultas de Pediatria afetou uma assistente ao horário h2 e uma assistente ao horário h4. Por fim, nas assistentes de Esterilização, que fazem parte do grupo de assistentes gerais afetou uma assistente ao horário h1 e uma assistente ao horário h4, para fazer face à procura contínua durante o período de funcionamento da clínica.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Em termos gráficos, a Figura 22 mostra a relação entre o número total de assistentes ao serviço e o número total de consultas a decorrer.

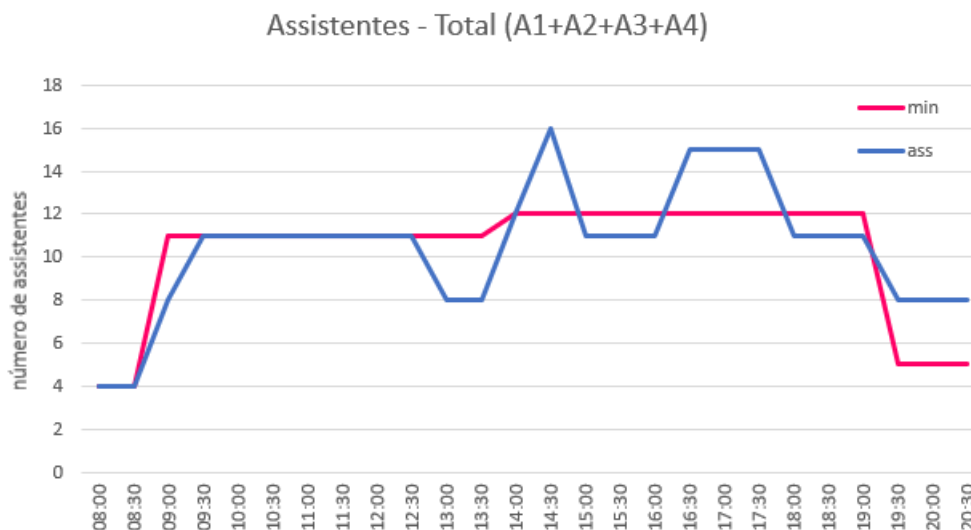


Figura 22: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário atualmente em vigor

Assim, a diferença entre o número de assistentes requeridas e o número de assistentes afetadas, e tendo novamente em conta uma tolerância máxima de 3 consultas sem assistente em cada período, 1 para o grupo de assistentes para consultas do Dr. Francisco e 2 para o grupo de assistentes para consultas Gerais, podemos afirmar que a solução satisfaz todos os requisitos, mas em comparação com a solução que possui os horários de meio-dia (horários de 4 horas), esta solução possui mais períodos de incumprimento, o que coloca mais pressão na responsável pela calendarização para conseguir arranjar assistentes para fazer face às ao número de consultas previstas.

Em termos de afetação individual, as assistentes ao serviço são afetadas então a um dos quatro horários selecionados, considerando o número de assistentes em cada horário, calculado na primeira formulação.

Esta solução de afetação é apresentada na Figura 23, afetando então cada assistente a um horário individual para toda a semana.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Nome	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
N1	0	0	0	0	0	Dr. F	---	---	---	---	---	Dr. F	---	---	---	---	---
N2	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N3	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N4	h2	h2	h2	h2	h2	P	h2	h2	h2	h2	h2	P	h2	h2	h2	h2	h2
N5	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N6	h4	h4	h4	h4	h4	G + E	h4	h4	h4	h4	h4	G + E	h4	h4	h4	h4	h4
N7	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N8	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N9	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N10	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N11	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N12	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N13	h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N14	h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N15	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N16	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N17	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N18	h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N19	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N20	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1

Figura 23: Afetação dos horários individuais referentes ao cenário atualmente em vigor

Em termos reais, esta solução responde aos requisitos previamente definidos de funcionamento da clínica. Tal como no cenário anterior, esta solução permite também evidenciar os períodos de stress (períodos com número de assistentes inferior ao número de consultas), nos quais não haverá assistentes suficientes para cobrir todas as consultas, obrigando, nesses períodos, a uma gestão de articulação muito atenta destes recursos.

4.3.3 Solução referente ao cenário sem dispensas

Ainda nos horários de 8 horas diários com a possibilidade de realização de meios-dias (horários de 4 horas) num dos dias da semana, discutido no subcapítulo 4.3.1, propomos agora discutir esse mesmo cenário, mas sem assistentes dispensadas e em que a tolerância das assistentes Gerais passa de 2 assistentes para apenas uma, ou seja, aquilo que poderíamos considerar como sendo um cenário de funcionamento ideal. Os parâmetros deste novo cenário vêm descritos na Figura 24, nos quais foram alterados os dados relativos ao número de assistentes dispensadas e aos valores de tolerância consideradas.

Tipos de assistentes:	disponibilidade máxima:	número mínimo de assistentes que irão fazer Sábado (com folga de meio-dia à semana):
A1: assistentes para as consultas do Dr. Francisco	<= 3	A1 A2 A3
A2: assistentes para as consultas de Pediatria	<= 2	1 1 12
A3: assistentes gerais	<= 15 (inclui esteril.)	número máximo de assistentes que não fazem Sábado:
A4: assistentes na esterilização (não contabilizam nas consultas)	A1 A2 A3	A1 A2 A3
A5: assistentes dispensadas (férias, folga, etc)	2ª 0 0 0	2 1 3 (=A1-SI)
nº máximo de gabinetes:	3ª 0 0 0	limite máximo de incumprimento de cobertura de consultas/postos
14	4ª 0 0 0	A1 A2 A3 A4 Global
	5ª 0 0 0	1 0 1 0 2
	6ª 0 0 0	
Total	0 0 0	

Figura 24: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário sem dispensas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Como referido, os horários serão os mesmos do primeiro cenário, representados pelas manchas de horários ilustradas na Figura 25 e 26.

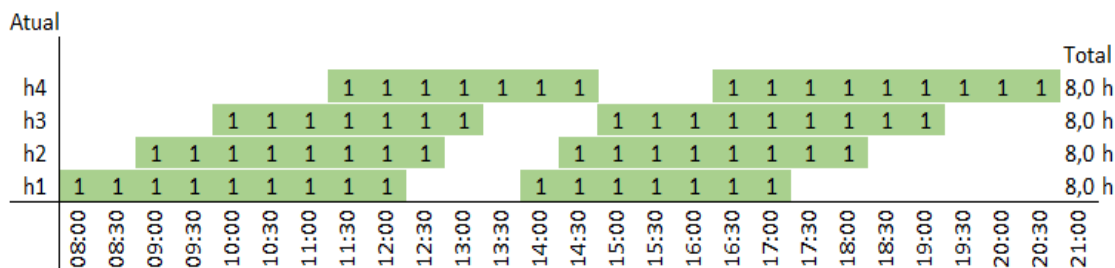


Figura 25: Conjunto de horários de 8 horas referentes ao cenário sem dispensas

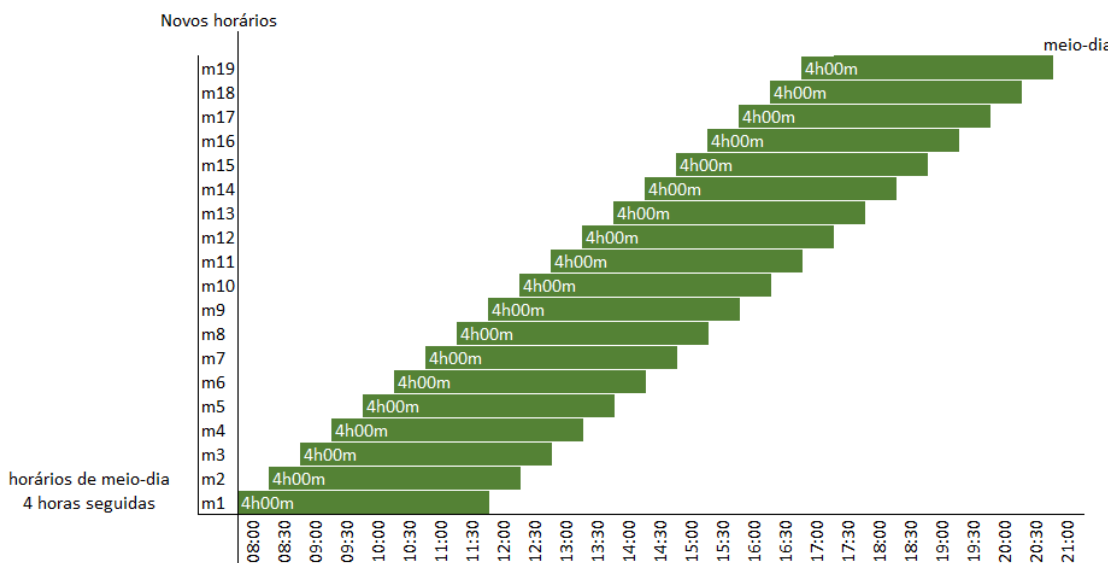


Figura 26: Conjunto de horários de 4 horas referentes ao cenário sem dispensas

Assim, após a execução da primeira formulação, a força de trabalho alocada aos horários vem representada nas Figuras 27 a 30, representando, sem perda de generalidade, apenas o dia de Segunda-Feira.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

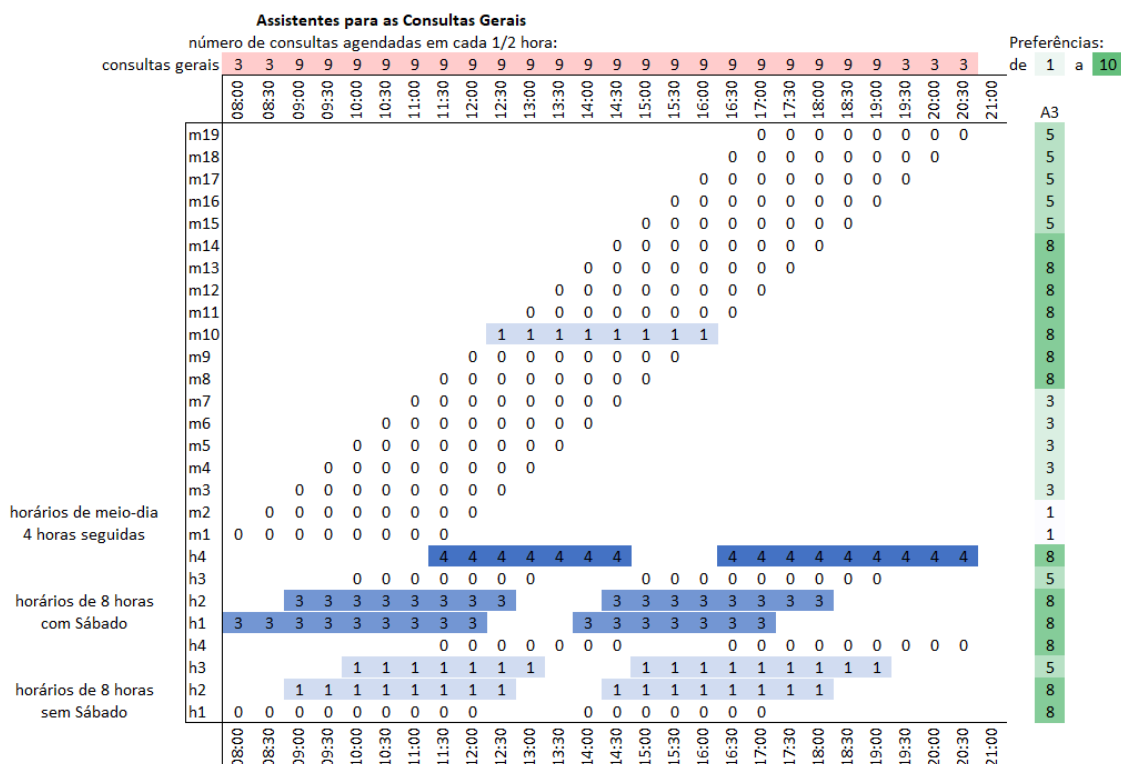


Figura 27: Horários A3 referentes ao cenário sem dispensas

Começando por observar a solução para consultas Gerais, duas assistentes irão realizar o horário h2 e o horário h3 durante a semana inteira e não irão realizar sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta. Já entre assistentes que irão fazer sábados e um horário de meio-dia (horário de 4 horas) durante um dia da semana, a solução colocou 3 assistentes a fazer o horário h1, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas; 3 assistentes que irão fazer o horário h2, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas; 4 assistentes que irão fazer o horário h4, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas e por fim, uma assistente que irá fazer o seu horário de 4 horas à segunda-feira, mais concretamente o horário m10.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Em relação à solução referente ao grupo de assistentes para consultas de Pediatria, temos:

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																				Preferências: (de 1 a 10)								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																												
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2	
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m18																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4																				1	1	1	1	1	1	1	1	5	
	h3																				0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	h2																				1	1	1	1	1	1	1	1	5	
	h1																				0	0	0	0	0	0	0	0	3	
horários de 8 horas sem Sábado	h4																				0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h3																				0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	h2																				0	0	0	0	0	0	0	0	5	
h1																				0	0	0	0	0	0	0	0	3		

Figura 29: Horários A2 referentes ao cenário sem dispensas

Neste caso, uma assistente irá fazer o horário h2, exceto num dia no qual terá de fazer um horário de 4 horas e uma outra assistente que irá fazer o horário h4 e de igual forma terá de fazer um horários de 4 horas, uma vez que ambas as assistentes terão de fazer sábado.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Relativamente à solução referente às assistentes de Esterilização, temos:

		Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)																			Preferências:							
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)							
postos na esterilização		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A4						
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
	m19																			0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m16															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m15														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m14													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m13												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m10									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de meio-dia	m2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 horas seguidas	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	h4							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de 8 horas	h2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
com Sábado	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	h4							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de 8 horas	h2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sem Sábado	h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 30: Horários A4 referentes ao cenário sem dispensas

Neste caso, duas assistentes irão realizar o horário h1 e o horário h4, respetivamente, durante a semana inteira e não irão realizar sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

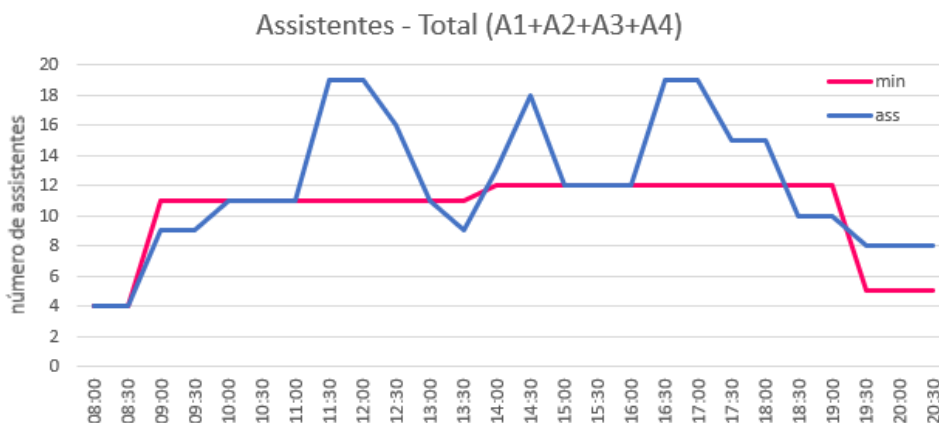


Figura 31: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário sem dispensas

No gráfico representado na Figura 31, podemos observar que mesmo com todas as assistentes ao serviço, mantêm-se sensivelmente os mesmos três períodos de incumprimento, embora não tão pesados como na solução do cenário inicial, no qual uma das assistentes estava dispensada.

Considerando a solução determinada pela primeira formulação e usando o número de assistentes afetadas a cada horário obtido, passamos para a segunda formulação, cuja solução ótima vem representada nas Figuras 32 e 33:

Nome	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Dr. F	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Dr. F	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
N1	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N2	h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3	h3
N3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3		h4	Horário m	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N4	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	P	h2	Horário m	h2	h2	h2	P	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N5	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3		h4	Horário m	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N6	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	G + E	h2	Horário m	h2	h2	h2	G + E	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N7	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3		h2	Horário m	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2	h2
N8	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3		h4	Horário m	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N9	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6		h4	h4	h4	h4	Horário m		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N10	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3		h1	Horário m	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1	h1
N11	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1	h1
N12	h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N13	h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3	h3
N14	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4		h4	h4	Horário m	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N15	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6		h2	h2	h2	h2	Horário m		h2	h2	h2	h2	h2	h2
N16	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5		h4	h4	h4	Horário m	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N17	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2		Horário m	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4	h4
N18	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2	h2
N19	h1-4	h1-4	h1-4	h1-4	h1-4		h1	h1	Horário m	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1	h1
N20	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5		h1	h1	h1	Horário m	h1		h1	h1	h1	h1	h1	h1

Figura 32: Afetação dos horários individuais referentes ao cenário sem dispensas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Horários	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Dr. Francisc		1xm3			
Pediatria		2xm10			
Gerais + Esteriliza	1xm10	1xm16; 3xm1	1xm10; 1xm1	1xm10; 1xm1	1xm10; 1xm3

Figura 33: Afetação dos horários m referentes ao cenário sem dispensas

Neste caso, cada assistente fica afeta a um horário e a responsável pela calendarização terá a função de afetar os horários de meio-dia (horários m) às assistentes que terão de realizar sábados, completando assim a afetação dos horários.

Em termos práticos, a vantagem de ter todas as assistentes ao serviço não é muito diferente da solução obtida no cenário inicial, significando que a ausência de uma só assistente (do tipo A1) não traz um prejuízo muito significativo para a clínica, em termos do funcionamento da atividade da clínica.

4.3.4 Solução referente ao cenário com dispensas

Ainda nos horários de 8 horas diários com a possibilidade de realização de meios-dias (horários de 4 horas), a solução agora a apresentar representa um cenário crítico em que estão 5 assistentes dispensadas, uma assistente do grupo para as consultas do Dr. Francisco, uma assistente do grupo para as consultas de Pediatria e três assistentes do grupo para consultas Gerais. A tolerância das assistentes Gerais é de 2 assistentes, já as tolerâncias das assistentes para consultas do Dr. Francisco e para as consultas de Pediatria é de uma assistente para cada grupo. Os novos parâmetros foram alterados e vêm descritos na Figura 34:

Tipos de assistentes:	disponibilidade máxima:	número mínimo de assistentes que irão fazer Sábado (com folga de meio-dia à semana):
A1: assistentes para as consultas do Dr. Francisco	<= 3	A1 A2 A3
A2: assistentes para as consultas de Pediatria	<= 2	1 1 12
A3: assistentes gerais	<= 15 (inclui esteril.)	
A4: assistentes na esterilização (não contabilizam nas consultas)		número máximo de assistentes que não fazem Sábado:
A5: assistentes dispensadas (férias, folga, etc)	A1 A2 A3	A1 A2 A3
	2ª 1 1 3	2 1 3 (=A1-Si)
nº máximo de gabinetes:	3ª 1 1 3	
14	4ª 1 1 3	limite máximo de incumprimento de cobertura de consultas/postos
	5ª 1 1 3	A1 A2 A3 A4 Global
	6ª 1 1 3	1 1 2 0 4
	Total 1 1 3	

Figura 34: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário com dispensas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Os horários que esta solução utiliza são os mesmos apresentados na solução anterior representados pelas manchas de horários nas Figuras 25 e 26.

Assim ao executar a primeira formulação, as forças de trabalho alocadas aos horários estão representadas nas Figuras 35 a 38, representando apenas o dia de Segunda-Feira. No Apêndice 3 apresentam-se todos os restantes quadros referentes a esta solução, de Terça a Sexta Feira.

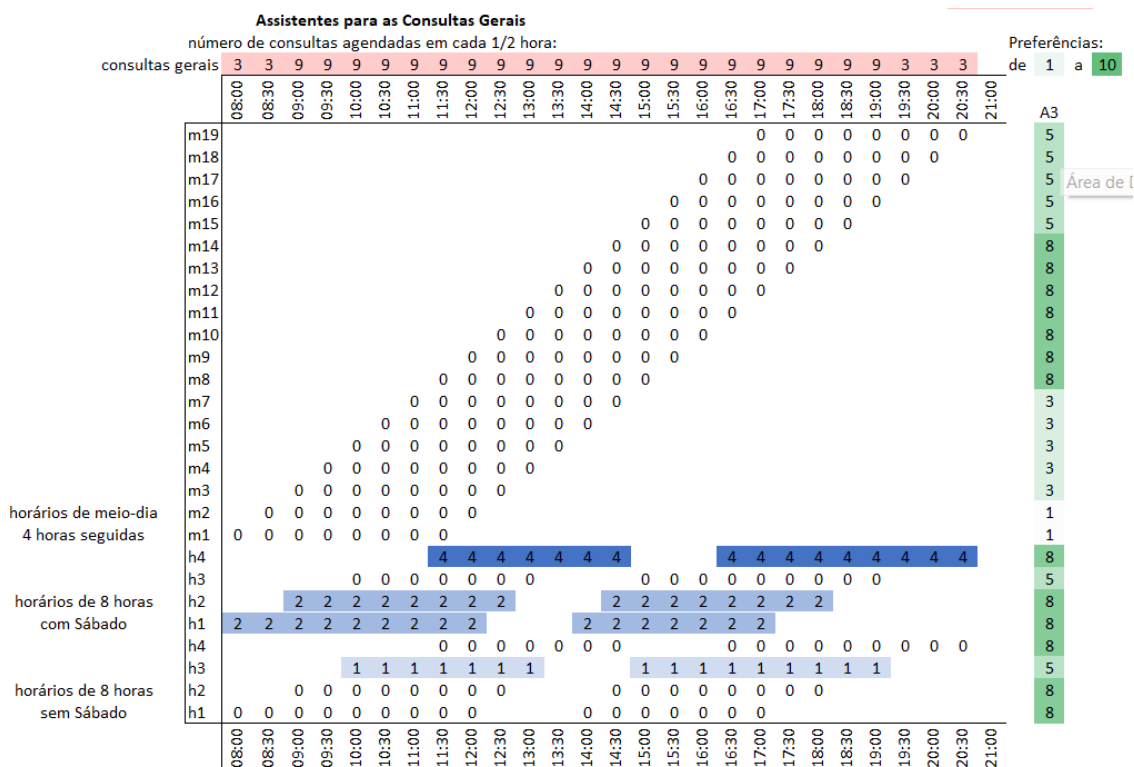


Figura 35: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas

Começando por observar a solução para consultas Gerais, uma assistente irá realizar o horário h3 durante a semana inteira e não irá realizar sábado, ou seja, irá fazer horários de 8 horas de segunda a sexta. Já entre assistentes que irão fazer sábados e um horário de meio-dia (horário de 4 horas) durante um dia da semana, a solução colocou 2 assistentes a fazer o horário h1, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas; 2 assistentes que irão fazer o horário h2, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas e por fim 4 assistentes que irão fazer o horário h4, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Solução relativa às assistentes para consultas do Dr. Francisco:

		Assistentes para as Consultas do Dr. Francisco																				Preferências: (de 1 a 10)							
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																											
consultas do Dr. Francisco		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	
	m19																												5
	m18																												5
	m17																												5
	m16																												5
	m15																												5
	m14																												8
	m13																												8
	m12																												8
	m11																												8
	m10																												8
	m9																												8
	m8																												8
	m7																												3
	m6																												3
	m5																												3
	m4																												3
	m3																												3
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m2																												1
	m1																												1
	h4																												1
	h3																												1
horários de 8 horas com Sábado	h2																												1
	h1																												1
	h4																												5
	h3																												8
horários de 8 horas sem Sábado	h2																												5
	h1																												3

Figura 36: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas

Neste caso e de acordo com a solução representada na Figura 36, não haverá assistentes a realizar horários de 8 horas durante a semana inteira, mas de entre as assistentes que irão fazer sábados e um horário de 4 horas durante um dia da semana, temos uma assistente irá fazer o horário h2, exceto num dia em que terá de fazer um horário de 4 horas e uma assistente a irá realizar o horário h4, exceto num dia em que terá de fazer um horário de 4 horas.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Em relação à solução referente ao grupo de assistentes para consultas de Pediatria, temos:

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																			Preferências:									
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)									
consultas de Pediatria		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	A2			
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00		
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																					0	0	0	0	0	0	0	5	
	m18																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4																												5	
	h3																												8	
	h2																												5	
	h1																												3	
	h4																												5	
horários de 8 horas sem Sábado	h3																												8	
	h2																												5	
	h1																												3	

Figura 37: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas

Neste caso, uma assistente irá fazer o horário h4, exceto num dia no qual terá de fazer um horário de 4 horas.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Relativamente à solução referente às assistentes de Esterilização, temos:

		Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)								
postos na esterilização		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A4
horários de meio-dia 4 horas seguidas																													0
horários de 8 horas com Sábado		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
horários de 8 horas sem Sábado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 38: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas

Neste caso, uma assistente irá fazer o horário h1, exceto num dia no qual terá de fazer um horário de 4 horas; uma outra assistente que irá fazer o horário h2 e de igual forma terá de fazer um horários de 4 horas e, por fim, uma outra assistente irá fazer o horário h4, novamente com a necessidade de fazer um horário de 4 horas, uma vez que as três assistentes terão de fazer sábado.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

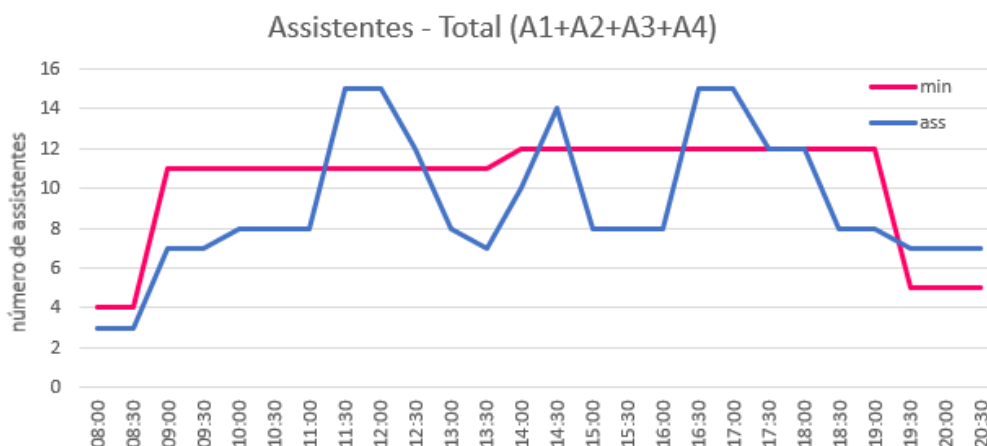


Figura 39: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas

No gráfico representado na Figura 39, podemos observar que num cenário crítico de esforço máximo, existem períodos de elevado incumprimento, muitos mais pesados que a solução inicial, mas é ainda possível observar períodos em que o número de assistentes obtido é superior ao número de assistentes mínimo requerido, períodos esses que acontecem das 11h às 12h30m, das 14h às 14h30m e das 16h30 às 17h30m.

Considerando a solução determinada pela primeira formulação e usando o número de assistentes afetas a cada horário obtido, passamos para a segunda formulação, cuja solução ótima vem representada nas Figuras 40 e 41:

Nome	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
N1	0	0	0	0	0	Dr. F	---	---	---	---	Dr. F	---	---	---	---
N2	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N3	h2-5	h2-5	h2-5	h2-5	h2-5	h2	h2	h2	Horário m h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N4	0	0	0	0	0	P	---	---	---	---	P	---	---	---	---
N5	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N6	0	0	0	0	0	G + E	---	---	---	---	G + E	---	---	---	---
N7	0	0	0	0	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
N8	0	0	0	0	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
N9	h1-6	h1-6	h1-6	h1-6	h1-6	h1	h1	h1	h1	Horário m	h1	h1	h1	h1	h1
N10	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4	h4	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N11	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N12	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N13	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3	h3
N14	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4	h4	h4	h4	Horário m	h4	h4	h4	h4	h4
N15	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6	h2-6	h2	h2	h2	h2	Horário m	h2	h2	h2	h2	h2
N16	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2	Horário m h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N17	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4	Horário m h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4	h4
N18	h2-4	h2-4	h2-4	h2-4	h2-4	h2	h2	Horário m h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2	h2
N19	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1	Horário m h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1
N20	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5	h1	h1	h1	Horário m h1	h1	h1	h1	h1	h1	h1

Figura 40: Afetação individual dos horários referentes ao cenário com dispensas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Horários	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Dr. Francisc		1xm19		1xm1	
Pediatria		1xm5			
Gerais + Esteriliza		1xm19; 2xm10; 1xm1	1xm10; 1xm1	1xm10; 1xm1	1xm10; 2xm1

Figura 41: Afetação dos horários m referentes ao cenário com dispensas

Neste caso, cada assistente fica afeta a um horário e a responsável pela calendarização terá a função de afetar os horários de meio-dia (horários m) às assistentes que terão de realizar sábados, completando assim a afetação dos horários.

Assim, o cenário de ter 5 assistentes dispensadas difere em muito das soluções obtidas anteriormente, significando que a ausência de 5 assistentes (dos três tipos de assistentes) trará um prejuízo significativo para a clínica, em termos do funcionamento da atividade da clínica.

4.3.5 Solução referente ao cenário com aumento de consultas

Por fim e ainda nos horários de 8 horas diários com a possibilidade de realização de meios-dias (horários de 4 horas) num dos dias da semana, discutido no subcapítulo 4.3.1, propomos agora discutir nesse mesmo cenário, em situação ideal (com todas as assistentes ao serviço) mas o número de consultas é aumentado em um valor. Os parâmetros deste novo cenário vêm descritos nas Figuras 42 e 43, nos quais foram alterados os dados.

Tipos de assistentes:	disponibilidade máxima:	número mínimo de assistentes que irão fazer Sábado (com folga de meio-dia à semana):
A1: assistentes para as consultas do Dr. Francisco	<= 3	A1 A2 A3
A2: assistentes para as consultas de Pediatria	<= 2	1 1 12
A3: assistentes gerais	<= 15 (inclui esteril.)	
A4: assistentes na esterilização (não contabilizam nas consultas)		número máximo de assistentes que não fazem Sábado:
A5: assistentes dispensadas (férias, folga, etc)	A1 A2 A3	A1 A2 A3
	2ª 0 0 0	2 1 3 (=Ai-Si)
nº máximo de gabinetes:	3ª 0 0 0	
14	4ª 0 0 0	limite máximo de incumprimento de cobertura de consultas/postos
	5ª 0 0 0	A1 A2 A3 A4 Global
	6ª 0 0 0	1 1 3 0 5
	Total 0 0 0	

Figura 42: Conjunto de dados gerais referentes ao cenário com aumento de consultas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

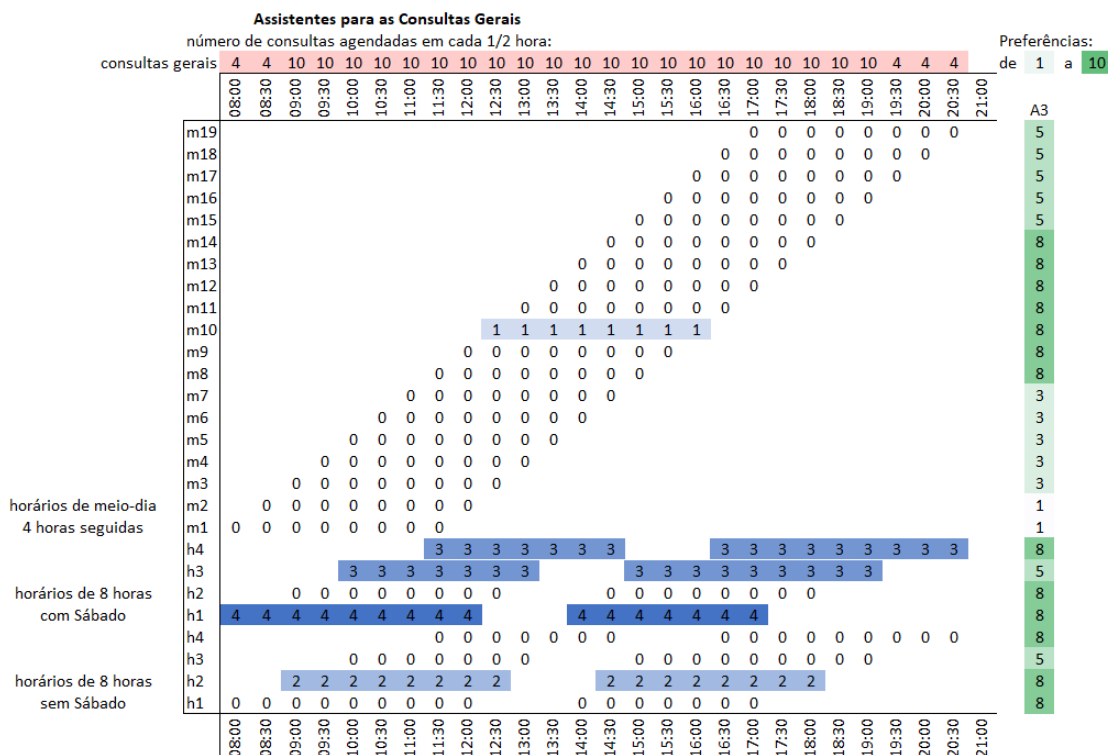


Figura 44: Horários A3 referentes ao cenário com aumento de consultas

Começando por observar a solução para consultas Gerais, duas assistentes irão realizar o horário h2 durante a semana inteira e não irão realizar sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta. Já entre assistentes que irão fazer sábados e um horário de meio-dia (horário de 4 horas) durante um dia da semana, a solução colocou 4 assistentes a fazer o horário h1, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas; 3 assistentes que irão fazer o horário h3, exceto num dia no qual terão de fazer um horário de 4 horas; 3 assistentes que irão fazer o horário h4, exceto num dia em que terão de fazer um horário de 4 horas e por fim, uma assistente que irá fazer o seu horário de 4 horas à segunda-feira, mais concretamente o horário m10.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Solução relativa às assistentes para consultas do Dr. Francisco:

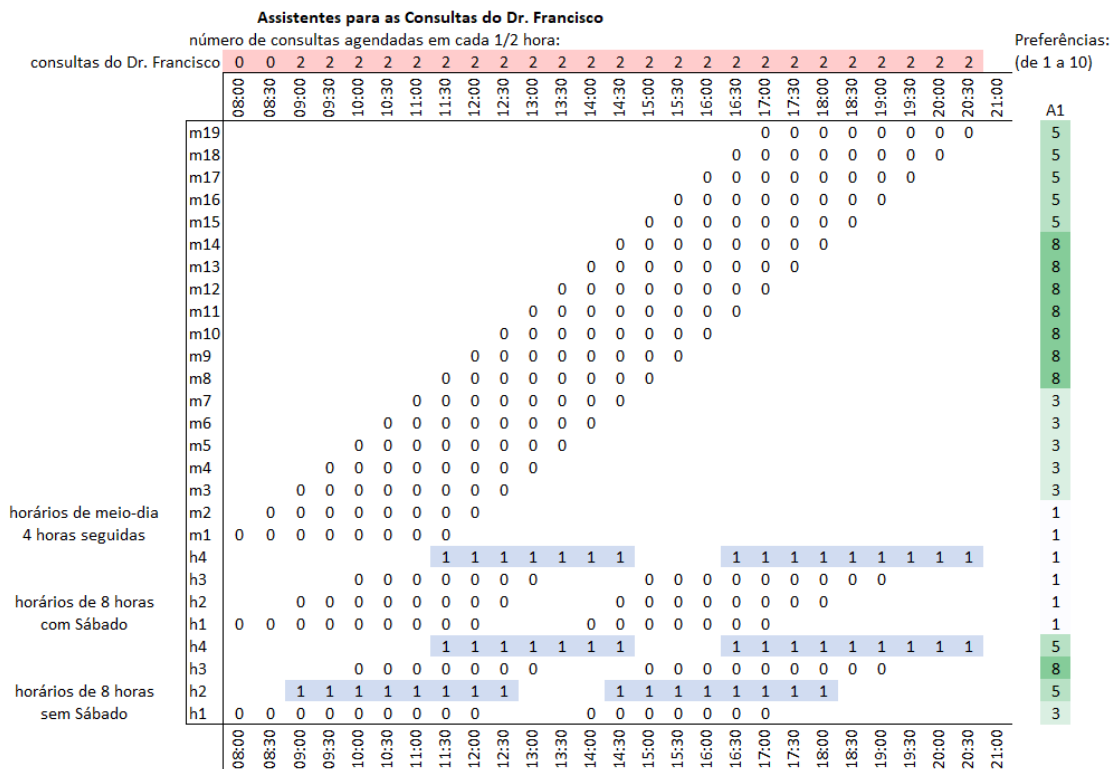


Figura 45: Horários A1 referentes ao cenário com aumento de consultas

Neste caso e de acordo com a solução representada na Figura 45, uma assistente irá realizar o horário h2 e uma outra assistente irá realizar o horário h4, decorrendo durante a semana inteira, sem realização de sábado, ou seja, irão fazer um horário de 8 horas de segunda a sexta. Já entre as assistentes que irão fazer sábados e um horário de 4 horas durante um dia da semana, temos uma assistente irá fazer o horário h4, exceto num dia em que terá de fazer um horário de 4 horas.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Em relação à solução referente ao grupo de assistentes para consultas de Pediatria, temos:

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																				Preferências: (de 1 a 10)							
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																											
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m18																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4						1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
	h3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	h2			1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1					5	
horários de 8 horas sem Sábado	h4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	h3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	

Figura 46: Horários A2 referentes ao cenário com aumento de consultas

Neste caso, uma assistente irá fazer o horário h2, exceto num dia no qual terá de fazer um horário de 4 horas e uma outra assistente irá fazer o horário h4 e de igual forma terá de fazer um horários de 4 horas, uma vez que ambas as assistentes terão de fazer sábado.

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes de Esterilização da Clínica Dentária Delille

Relativamente à solução referente às assistentes de Esterilização, temos:

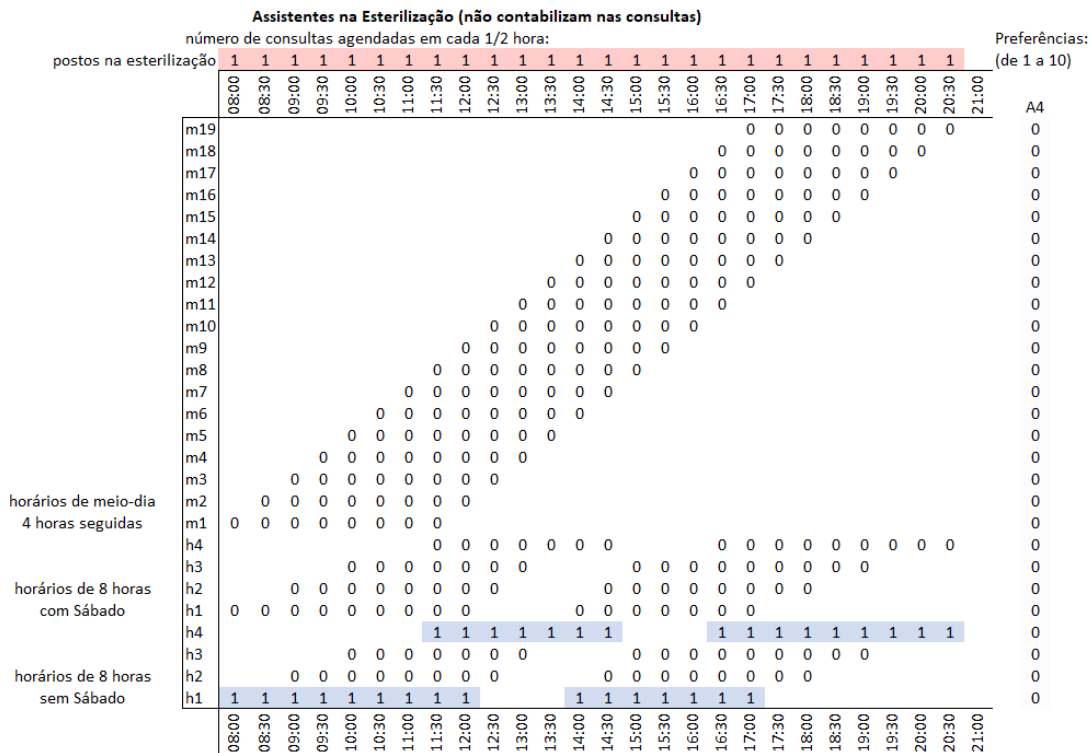


Figura 47: Horários A4 referentes ao cenário com aumento de consultas

Neste caso, duas assistentes irão realizar o horário h1 e o horário h4, respetivamente, durante a semana inteira e não irão realizar sábado, ou seja, irão fazer horários de 8 horas de segunda a sexta.

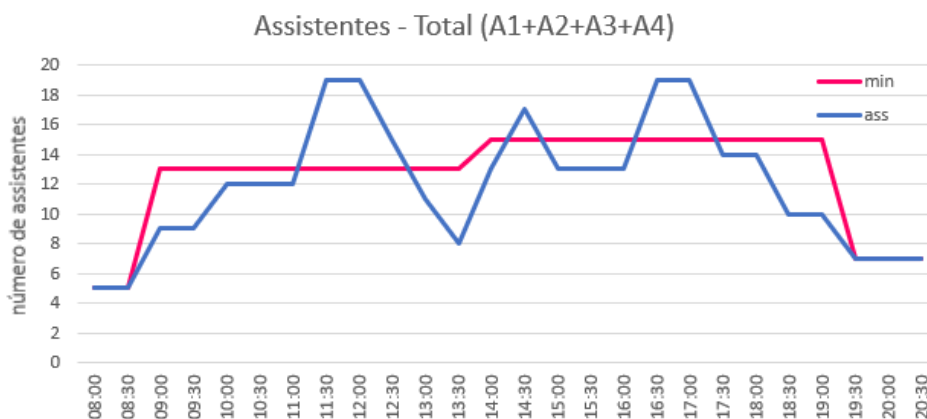


Figura 48: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com aumento de consultas

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

No gráfico representado na Figura 48, podemos observar que com o aumento em um valor no número de consultas e com todas as assistentes ao serviço, é possível observar períodos de incumprimento mais extensos e prolongados.

Considerando a solução determinada pela primeira formulação e usando o número de assistentes afetas a cada horário obtido, passamos para a segunda formulação, cuja solução ótima vem representada nas Figuras 49 e 50:

Nome	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
N1	h4	h4	h4	h4	h4	Dr. F	h4	h4	h4	h4	h4	Dr. F	h4	h4	h4	h4	h4
N2	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3		h4	Horário m	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N4	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	h2-3	P	h2	Horário m	h2	h2	h2	P	h2	h2	h2	h2	h2
N5	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3	h4-3		h4	Horário m	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N6	h4	h4	h4	h4	h4	G + E	h4	h4	h4	h4	h4	G + E	h4	h4	h4	h4	h4
N7	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5	h4-5		h4	h4	h4	Horário m	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N8	h3-5	h3-5	h3-5	h3-5	h3-5		h3	h3	h3	Horário m	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N9	h1-6	h1-6	h1-6	h1-6	h1-6		h1	h1	h1	Horário m	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N10	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3		h1	Horário m	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N11	h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N12	h3-4	h3-4	h3-4	h3-4	h3-4		h3	h3	Horário m	h3	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N13	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3	h1-3		h1	Horário m	h1	h1	h1		h1	h1	h1	h1	h1
N14	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4	h4-4		h4	h4	Horário m	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N15	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6	h4-6		h4	h4	h4	Horário m	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N16	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N17	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2	h4-2		Horário m	h4	h4	h4	h4		h4	h4	h4	h4	h4
N18	h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2		h2	h2	h2	h2	h2
N19	h3-6	h3-6	h3-6	h3-6	h3-6		h3	h3	h3	Horário m	h3		h3	h3	h3	h3	h3
N20	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5	h1-5		h1	h1	h1	Horário m	h1		h1	h1	h1	h1	h1

Figura 49: Afetação individual dos horários referentes ao cenário com aumento de consultas

Horários	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Dr. Francisc		1xm10			
Pediatria		2xm1			
Generais + Esteriliza	1xm10	2xm10	1xm10; 1xm5	2xm10; 1xm1	2xm10; 1xm1

Figura 50: Afetação de horários m referentes ao cenário com aumento de consultas

Assim cada assistente fica afeta a um horário e a responsável pela calendarização terá a função de afetar os horários de meio-dia (horários m) às assistentes que terão de realizar sábados, completando assim a afetação dos horários.

Assim podemos observar que o aumento da procura provocou um resultado similar à solução com 5 assistentes dispensadas, ambas as soluções causam sérios problemas ao funcionamento da atividade normal da clínica.

4.3.6 Análise comparativas das soluções obtidas

Das soluções apresentadas podemos verificar que as três primeiras permitem o normal funcionamento da clínica, otimizando as escalas de trabalho e automatizando a afetação das assistentes. Este processo permite uma resposta automática, orientado pelas preferências quer da responsável pela calendarização, quer pelas próprias assistentes. Dessas três soluções, começámos pela solução que este projeto veio propor, que integra turnos de meios-dias (4 horas) para além dos turnos diários de 8 horas. Em comparação com a solução atualmente em vigor, esta solução possui menos períodos de stress para a equipa de gestão.

Posteriormente, analisámos o plano de horários que atualmente vigora na clínica, envolvendo turnos de 7 e 8 horas. Para este plano, propusemos também um modelo de otimização a partir do qual obtivemos soluções ligeiramente diferentes das que estão em funcionamento. Desta solução, destacamos a rapidez com que obtemos uma resposta, comparativamente com o esforço de construção manual dessa solução. Essa rapidez torna-se particularmente útil quando se alteram os dados de funcionamento, nomeadamente alterações no número de consultas, alterações no número de assistentes disponíveis, ou outras. Nestes casos, o esforço manual de obtenção de uma nova solução que respeite as novas condições é muito superior ao tempo despendido na resolução da formulação correspondente.

Voltando ao plano de horários inicial, com turnos de meio-dia (4 horas) e turnos diários de 8 horas, analisámos também o cenário sem qualquer dispensa de assistentes. A solução obtida diferiu pouco da solução inicialmente analisada.

Por último, analisámos dois cenários com algumas contingências, nomeadamente a solução referente ao cenário com 5 assistentes dispensadas em que é possível observar que o défice de assistentes causará elevados períodos de stress, com um número de assistentes muito abaixo do número de consultas a decorrer; e o cenário que envolveu um aumento de consultas, mantendo todos os outros dados iguais aos da solução inicialmente proposta, em que podemos observar que mesmo com aumento do número de consultas,

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

os períodos de stress, embora graves e prejudiciais para a clínica, as diferenças não são tão acentuadas como os do cenário anterior com 5 assistentes dispensadas.

5 CONCLUSÃO

Neste projeto foi desenvolvido um modelo computacional baseado em modelos matemáticos, que permite calcular o número de assistentes que cada horário deve possuir e por sua vez atribuir um horário a cada assistente individualmente, para o período de uma semana de funcionamento da clínica dentária Delille situada em Coimbra, a partir de restrições adaptadas à mesma.

O modelo foi desenvolvido em ambiente Microsoft Excel, no suporte computacional “OpenSolver”. Aqui foi possível demonstrar e provar a capacidade de funcionamento do modelo matemático, bem como apresentar o comportamento do modelo em situações tanto normais como pontuais. Porém o modelo apresenta algumas limitações como facto do solver apenas conseguir calcular uma solução ótima de cada vez e talvez fosse interessante observar todas as possibilidades que o modelo matemático tem para oferecer, o que talvez fosse resolvido ao desenvolver a aplicação em linguagem de programação para melhores resultados. No entanto, para o projeto em questão, o modelo conseguiu resolver o problema ao indicar os horários que deveriam ser selecionados e quantas assistentes deveriam ser afetadas a esses horários consoante os parâmetros que a clínica Delille possuía e ainda afetar individualmente o grupo de assistentes clínico aos horários selecionados.

Foram analisados 5 cenários envolvendo as formulações propostas. Os cinco cenários passam por um plano de horários novo, diferente daquele que vigora na clínica. Com base neste plano, foram analisados 3 cenários: i) um com todas as assistentes ao serviço; ii) outro com cinco assistentes dispensadas e iii) um outro cenário no qual o número de consultas da clínica é aumentado em uma consulta adicional em todos os seus períodos de funcionamento. Foi possível observar que com os três primeiros cenários apresentados, todos permitiam um desempenho normal da clínica. Porém, os dois últimos cenários, envolvendo condicionamentos, embora realizáveis, iriam causar vários períodos de stress (períodos com número de assistentes inferior ao número de consultas) nos quais a clínica poderia apresentar pior desempenho em termos de apoio das assistentes clínicas. A apresentação destes cenários, não só mostra as diferentes formas nas quais é possível

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

alterar os dados de forma a obter soluções, mas também mostra como essas soluções se irão comportar. Destaca-se ainda a possibilidade de analisar antecipadamente todos os momentos nos quais se prevê maior stress de funcionamento, nos quais o número de assistentes ao serviço não irá ser suficiente para fazer face às necessidades desses períodos.

Assim, o objetivo geral deste projeto de apresentar uma aplicação em ambiente Microsoft Excel, baseada num modelo matemático que permita a elaboração de escalas de trabalho e a consequente afetação do corpo de assistentes às escalas obtidas, foi alcançado, fornecendo assim uma aplicação viável para a Clínica Delille.

REFERÊNCIAS

- Andrew J Mason. (2022). *About OpenSolver*. <https://opensolver.org/>
- Becker, T., Steenweg, P. M., & Werners, B. (2019). Cyclic shift scheduling with on-call duties for emergency medical services. *Health Care Management Science*, 22(4), 676–690. <https://doi.org/10.1007/s10729-018-9451-9>
- Böðvarsdóttir, E. B., Bagger, N. C. F., Høffner, L. E., & Stidsen, T. J. R. (2022). A flexible mixed integer programming-based system for real-world nurse rostering. *Journal of Scheduling*, 25(1), 59–88. <https://doi.org/10.1007/s10951-021-00705-7>
- Burke, E. K., De Causmaecker, P., Vanden Berghe, G., & Landeghem, H. Van. (2004). THE STATE OF THE ART OF NURSE ROSTERING. In *Journal of Scheduling* (Vol. 7).
- Clínica Delille. (2022). *Clínica Dentária Delille*. <https://clinicadelille.pt/clinica/>
- COIN-OR Foundation. (2022). *OPEN SOURCE FOR THE OPERATIONS RESEARCH COMMUNITY*. <https://www.coin-or.org>
- Cristina, K., & Dias, F. (2015). *UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS-UNISINOS UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PPGEPS-PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NÍVEL MESTRADO*.
- De Bruecker, P., Van Den Bergh, J., Beliën, J., & Demeulemeester, E. (2015). Workforce planning incorporating skills: State of the art. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 243, Issue 1, pp. 1–16). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.10.038>
- Eclipse Foundation. (2022). *Eclipse Public License - v 2.0*. <https://www.eclipse.org/legal/epl-2.0/>
- Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of*

Operational Research, 153(1), 3–27. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00095-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00095-X)

Hassani, M. R., & Behnamian, J. (2021). A scenario-based robust optimization with a pessimistic approach for nurse rostering problem. *Journal of Combinatorial Optimization*, 41(1), 143–169. <https://doi.org/10.1007/s10878-020-00667-0>

Knust, F., & Xie, L. (2019). Simulated annealing approach to nurse rostering benchmark and real-world instances. *Annals of Operations Research*, 272(1–2), 187–216. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2546-8>

Mihaylov, M., Smet, P., Van Den Noortgate, W., & Vanden Berghe, G. (2016). Facilitating the transition from manual to automated nurse rostering. *Health Systems*, 5(2), 120–131. <https://doi.org/10.1057/hs.2015.12>

Open Source Initiative, & Debian Free Software Guidelines. (2007). *The Open Source Definition*. <https://opensource.org/osd>

Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>

Rosa, J. (2017). *Optimizing Staff Scheduling in Emergency Medical Services: a case at INEM Biomedical Engineering Examination Committee*.

Shiau, J. Y., Huang, M. K., & Huang, C. Y. (2020). A hybrid personnel scheduling model for staff rostering problems. *Mathematics*, 8(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/math8101702>

Terenzi, M., Ricciardi, O., & Di Nocera, F. (2022). Rostering in Air Traffic Control: A Narrative Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084625>

Türker, T., & Demiriz, A. (2018). An Integrated Approach for Shift Scheduling and Rostering Problems with Break Times for Inbound Call Centers. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7870849>

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Valença, G. (2019). *UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.*

Wren, A., & Management, C. (1996). *Scheduling, Timetabling and Rostering-A Special Relationship?*

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - SOLUÇÕES DO PLANO DE HORÁRIOS PROPOSTO

Terça-feira

Assistentes para Consultas Gerais

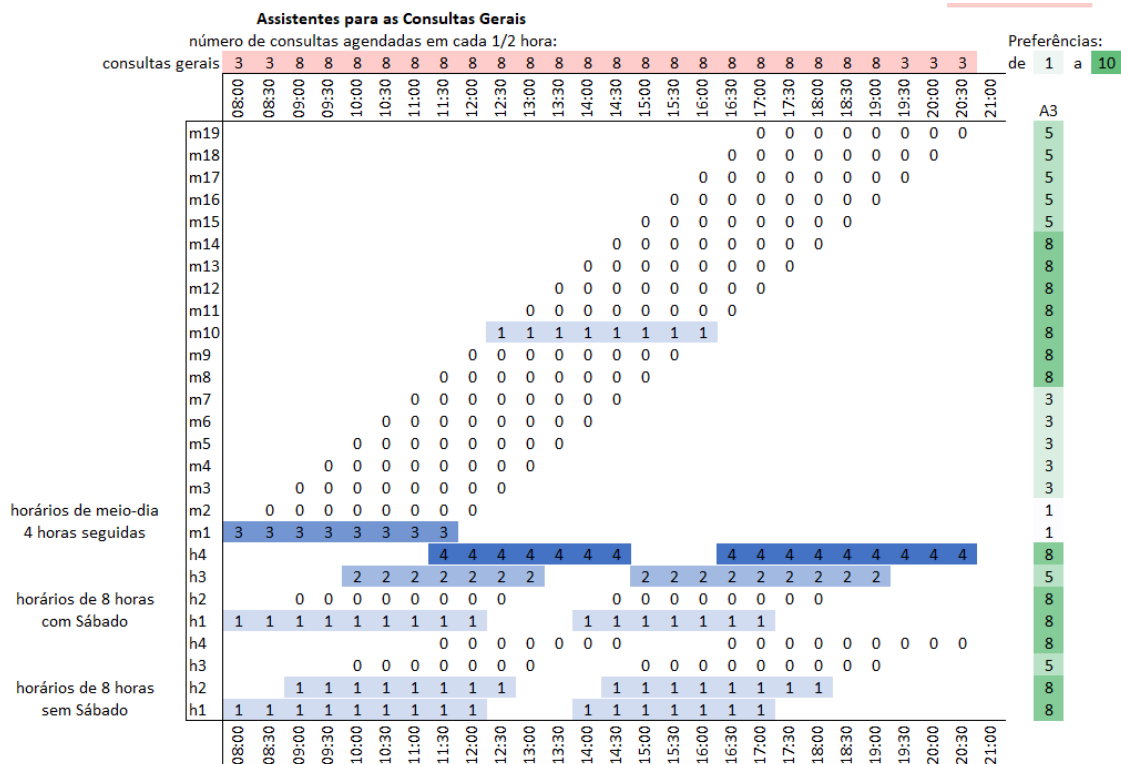


Figura 51: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																		Preferências:									
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																		(de 1 a 10)									
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m18																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
horários de 8 horas com Sábado	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	horários de 8 horas sem Sábado	h4																				0	0	0	0	0	0	0	0
h3						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
h2					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
h1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
h4																						0	0	0	0	0	0	0	5
h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
h2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	

Figura 53: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)

número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

postos na esterilização		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	Preferências: (de 1 a 10)		
horários de meio-dia 4 horas seguidas																															
horários de 8 horas com Sábado																															
horários de 8 horas sem Sábado																															

Figura 54: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para terça

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

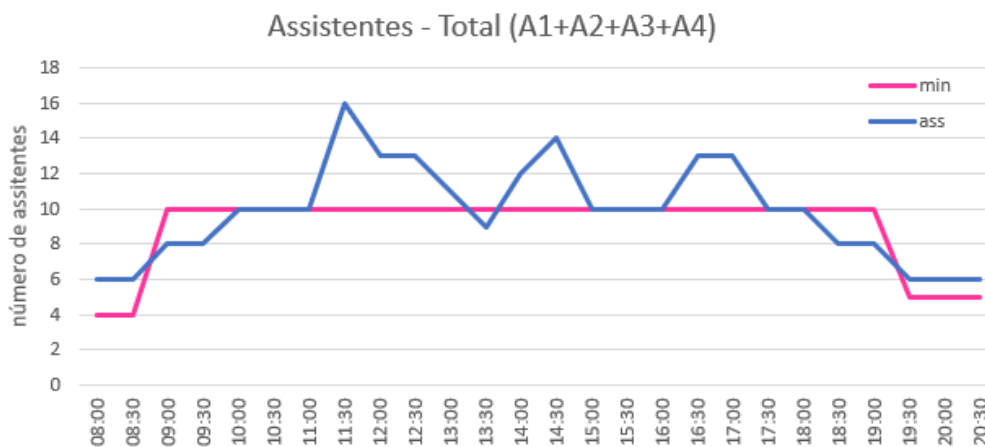


Figura 55: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Quarta-feira

Assistentes para Consultas Gerais

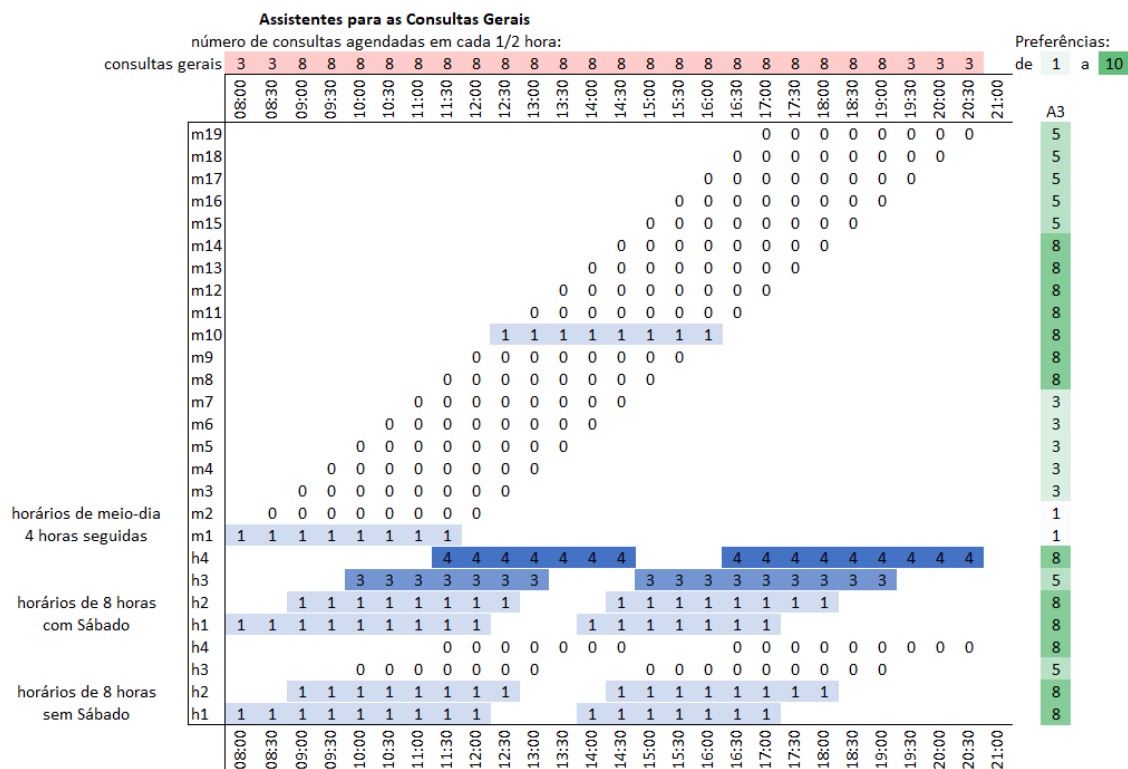


Figura 56: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para quarta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																		Preferências:										
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																		(de 1 a 10)										
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2	
	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m18																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m16																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m14													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m13												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m10									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	m3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	m2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	h4								1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	5		
	h3								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	h2				1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5		
	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
	h4								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
	h3								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	h2								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		

Figura 58: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para quarta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Quinta-feira

Assistentes para Consultas Gerais

		Assistentes para as Consultas Gerais																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			de 1 a 10								
consultas gerais		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A3
	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m18																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m16																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m10									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m6						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m5					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
horários de meio-dia	m2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4 horas seguidas	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	h4							4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	
	h3				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	
horários de 8 horas	h2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
com Sábado	h1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	
	h4																				0	0	0	0	0	0	0	8	
	h3																				0	0	0	0	0	0	0	5	
horários de 8 horas	h2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	
sem Sábado	h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	

Figura 61: Horários A3 referentes ao plano de horários proposto para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)								
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																											5	
	m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4																											5	
	h3																											8	
	h2																											5	
	h1																											3	
horários de 8 horas sem Sábado	h4																											5	
	h3																											8	
	h1																											5	

Figura 63: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)								
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2
	m19	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	
	m18																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m16															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m15														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m14													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m13												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m10									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	h4								1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
	h3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
horários de 8 horas com Sábado	h2		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	h4								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
horários de 8 horas sem Sábado	h2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	

Figura 68: Horários A2 referentes ao plano de horários proposto para sexta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

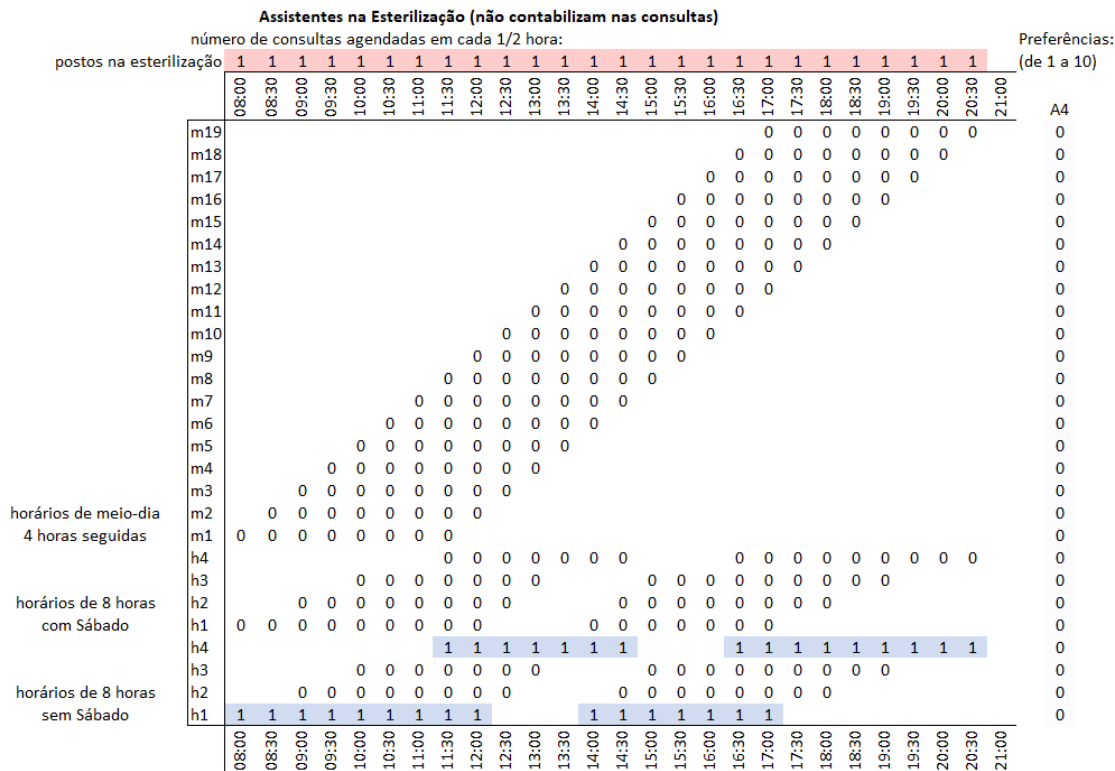


Figura 69: Horários A4 referentes ao plano de horários proposto para sexta

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

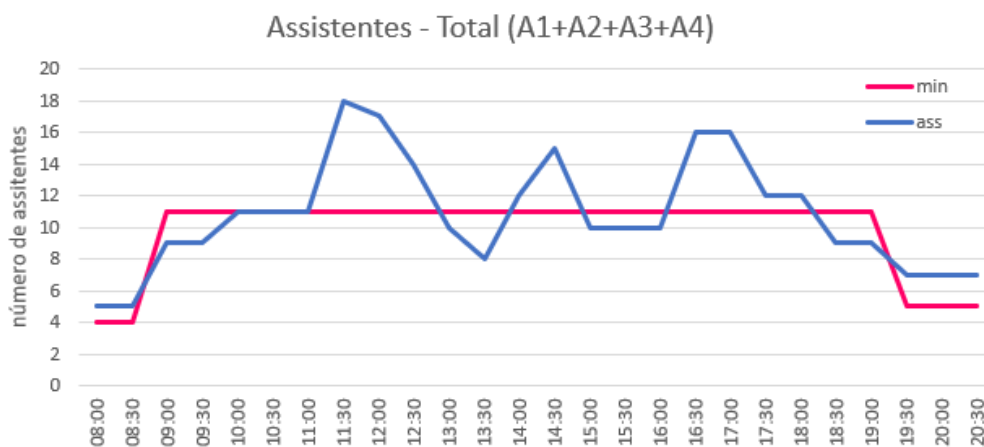


Figura 70: Gráfico de assistentes totais referente ao plano de horários proposto para sexta

APÊNDICE 2 - CÓDIGO VBA

```

Sub Botão1()
    Dim i As Integer, j As Integer
    Dim valor As String ' Variável para armazenar os valores

    ' Limpar
    Sheets("Final").Range("Z12:AD17").ClearContents

    ' Cirurgia
    For j = 1 To 5
        valor = ""
        For i = 1 To 19
            If (Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + j) <> "----") Then
                valor = valor & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + j) & "x" & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26) & "; "
            End If
        Next i
        If Len(valor) > 0 Then
            valor = Left(valor, Len(valor) - 2) ' Remover o último espaço e ponto e vírgula
        End If
        Sheets("Final").Cells(12, 25 + j).Value = valor
        Sheets("Final").Columns(25 + j).AutoFit ' Ajustar a largura da coluna
    Next j

    ' Pediatria
    For j = 1 To 5
        valor = ""
        For i = 1 To 19
            If (Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 7 + j) <> "----") Then
                valor = valor & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 7 + j) & "x" & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 7) & "; "
            End If
        Next i
        If Len(valor) > 0 Then
            valor = Left(valor, Len(valor) - 2) ' Remover o último espaço e ponto e vírgula
        End If
        Sheets("Final").Cells(14, 25 + j).Value = valor
        Sheets("Final").Columns(25 + j).AutoFit ' Ajustar a largura da coluna
    Next j

    ' Gerais + Esterilização
    For j = 1 To 5
        valor = ""
        For i = 1 To 19
            If (Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 14 + j) <> "----") Then
                valor = valor & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 14 + j) & "x" & Sheets("Final").Cells(28 + i, 26 + 14) & "; "
            End If
        Next i
        If Len(valor) > 0 Then
            valor = Left(valor, Len(valor) - 2) ' Remover o último espaço e ponto e vírgula
        End If
        Sheets("Final").Cells(16, 25 + j).Value = valor
        Sheets("Final").Columns(25 + j).AutoFit ' Ajustar a largura da coluna
    Next j
End Sub

```

Figura 71: Código VBA

A macro é ativada ao clicar no botão “Ver horários m”, que executa o código VBA presente na figura 71, que preenche a tabela da Figura 15 com os horários m disponíveis, a partir das soluções determinadas.

APÊNDICE 3 - SOLUÇÕES REFERENTE AO CENÁRIO COM DISPENSAS

Terça-feira

Assistentes para Consultas Gerais

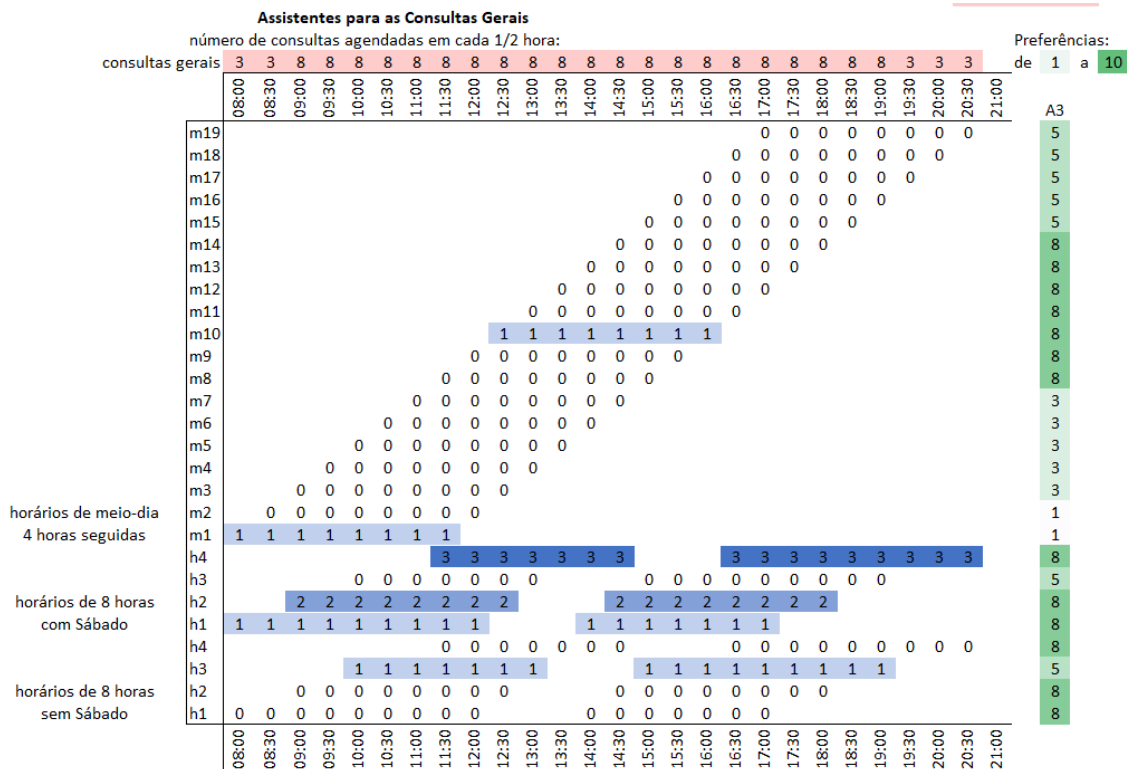


Figura 72: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas do Dr. Francisco

		Assistentes para as Consultas do Dr. Francisco																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)								
consultas do Dr. Francisco		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A1
	m19																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	m18																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de meio-dia 4 horas seguidas	h4																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	h3																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h2																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	h1																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	h4																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	h3																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
horários de 8 horas sem Sábado	h2																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	h1																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Figura 73: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																			Preferências:								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			(de 1 a 10)								
consultas de Pediatria		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A2
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																											5	
	m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
horários de 8 horas sem Sábado	h4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	

Figura 74: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)

número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

postos na esterilização	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	Preferências: (de 1 a 10)
m19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A4
m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m16																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m10										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
m9										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de meio-dia 4 horas seguidas																												0
h4									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h3									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de 8 horas com Sábado																												0
h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
h4									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h3									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de 8 horas sem Sábado																												0
h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 75: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para terça

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

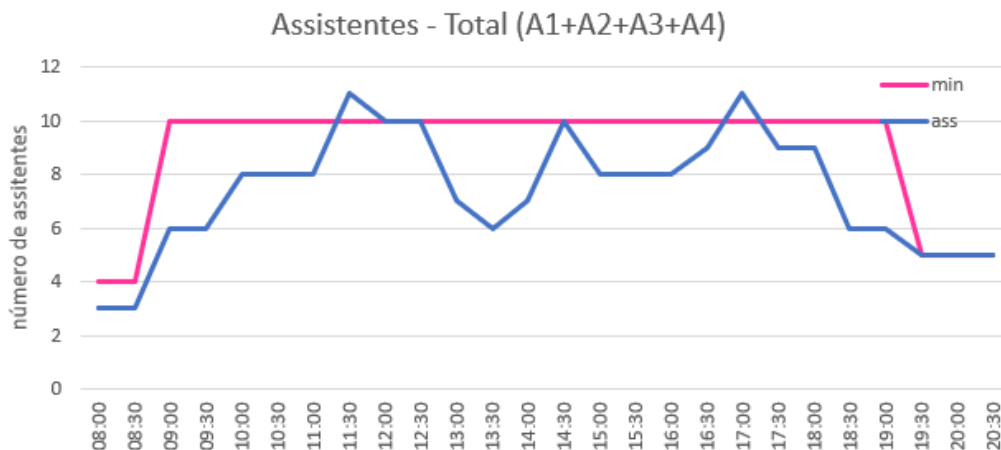


Figura 76: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para terça

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Quarta-feira

Assistentes para Consultas Gerais

		Assistentes para as Consultas Gerais																				Preferências:							
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																				de 1 a 10							
consultas gerais		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	
	m19																												A3
	m18																												5
	m17																												5
	m16																												5
	m15																												5
	m14																												8
	m13																												8
	m12																												8
	m11																												8
	m10																												8
	m9																												8
	m8																												8
	m7																												3
	m6																												3
	m5																												3
	m4																												3
	m3																												3
	m2																												1
	m1																												1
	h4																												8
	h3																												5
	h2																												8
	h1																												8
	h4																												8
	h3																												5
	h2																												8
	h1																												8
	h1																												8

Figura 77: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para quarta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

		Assistentes para as Consultas de Pediatria																				Preferências: (de 1 a 10)								
		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																												
consultas de Pediatria		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	A2							
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00		
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	m18																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15																					0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
horários de 8 horas com Sábado	m9																				0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	m8																					0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3																					0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1																					0	0	0	0	0	0	0	0	1
	horários de 8 horas sem Sábado	h4																												5
h3																						1	1	1	1	1	1	1	1	8
h2																						0	0	0	0	0	0	0	0	5
h1																						0	0	0	0	0	0	0	0	3
h4																						0	0	0	0	0	0	0	0	5
h3																						0	0	0	0	0	0	0	0	8
h2																						0	0	0	0	0	0	0	0	5
h1																						0	0	0	0	0	0	0	0	3

Figura 79: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para quarta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

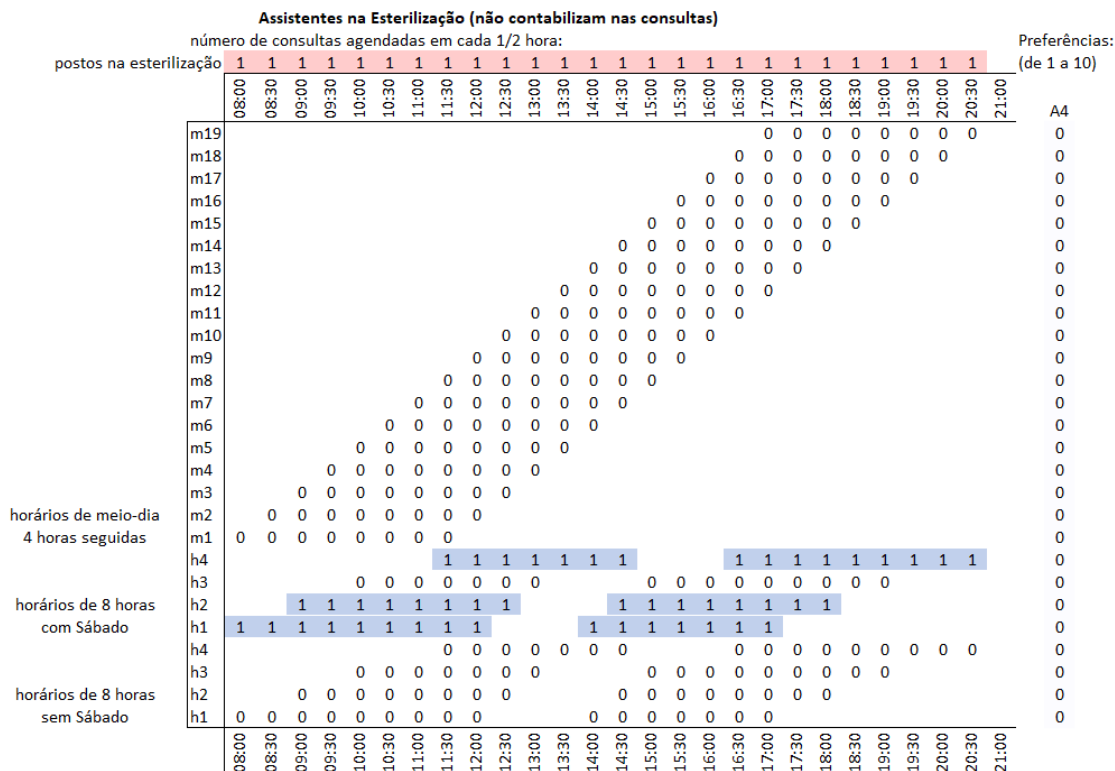


Figura 80: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para quarta

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

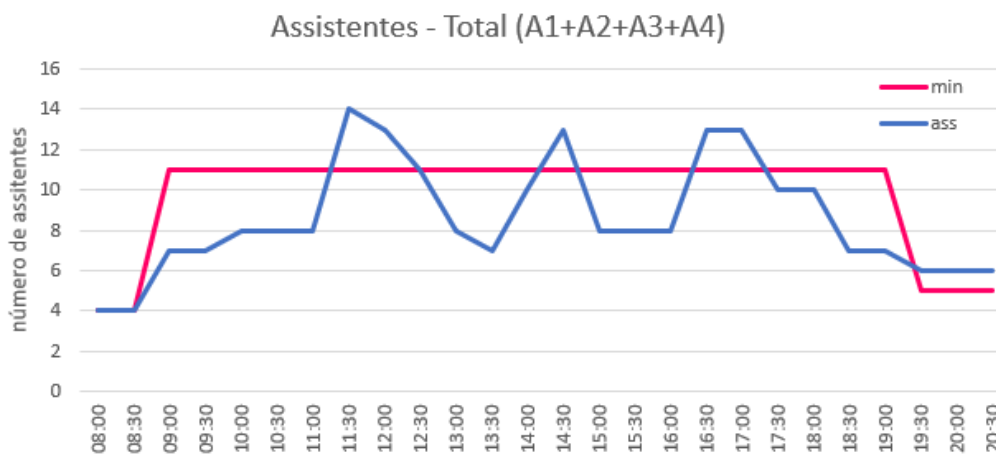


Figura 81: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para quarta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Quinta-feira

Assistentes para Consultas Gerais

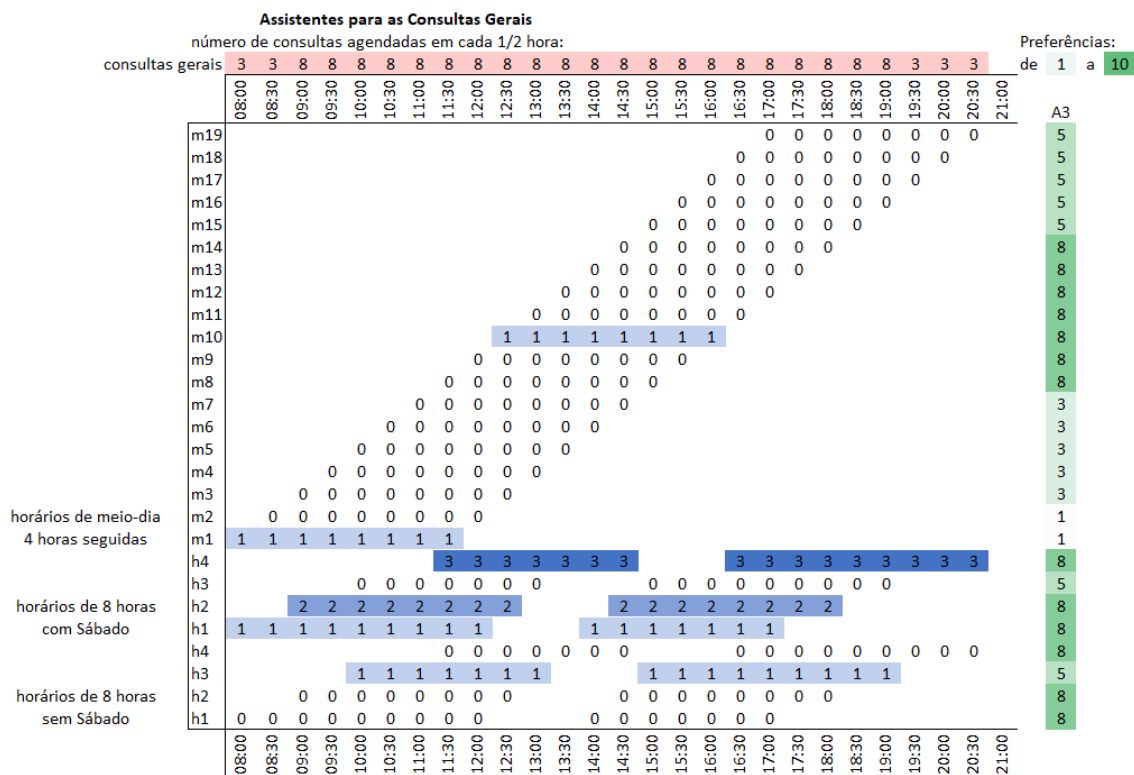


Figura 82: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas do Dr. Francisco

Assistentes para as Consultas do Dr. Francisco
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

		consultas do Dr. Francisco																			Preferências: (de 1 a 10)								
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00		17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
horários de meio-dia 4 horas seguidas		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A1
horários de 8 horas com Sábado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
horários de 8 horas sem Sábado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
m19																													5
m18																													5
m17																													5
m16																													5
m15																													5
m14																													8
m13																													8
m12																													8
m11																													8
m10																													8
m9																													8
m8																													8
m7																													3
m6																													3
m5																													3
m4																													3
m3																													3
m2																													1
m1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h4																													1
h3																													1
h2																													1
h1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
h4																													5
h3																													8
h2																													5
h1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Figura 83: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

Assistentes para as Consultas de Pediatria
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

consultas de Pediatria		número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:																			Preferências: (de 1 a 10)								
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00		17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
horários de meio-dia 4 horas seguidas	m19	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	A2
	m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m16																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m15																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m10										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
horários de 8 horas com Sábado	h4										1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	5
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
horários de 8 horas sem Sábado	h4																				0	0	0	0	0	0	0	0	5
	h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	

Figura 84: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

postos na esterilização	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	Preferências: (de 1 a 10)	
m19																				0	0	0	0	0	0	0	0	0	A4
m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m16																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m15																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m14															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m13														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m12													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m11												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m10										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m9									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m8								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m7							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m6							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m5							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m4							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m3							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m2							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m1							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de meio-dia 4 horas seguidas																													
h4																													
h3																													
horários de 8 horas com Sábado																													
h2																													
h1																													
horários de 8 horas sem Sábado																													
h1																													

Figura 85: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para quinta

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

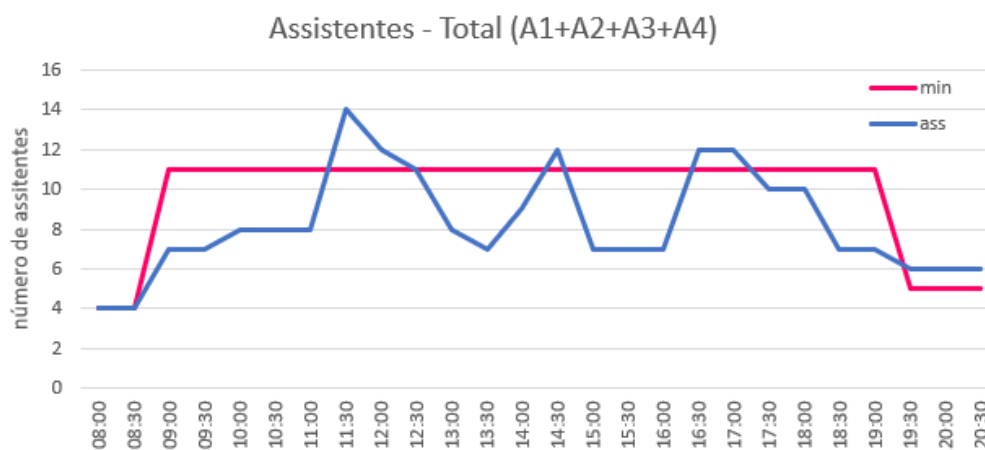


Figura 86: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para quinta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Sexta-feira

Assistentes para Consultas Gerais

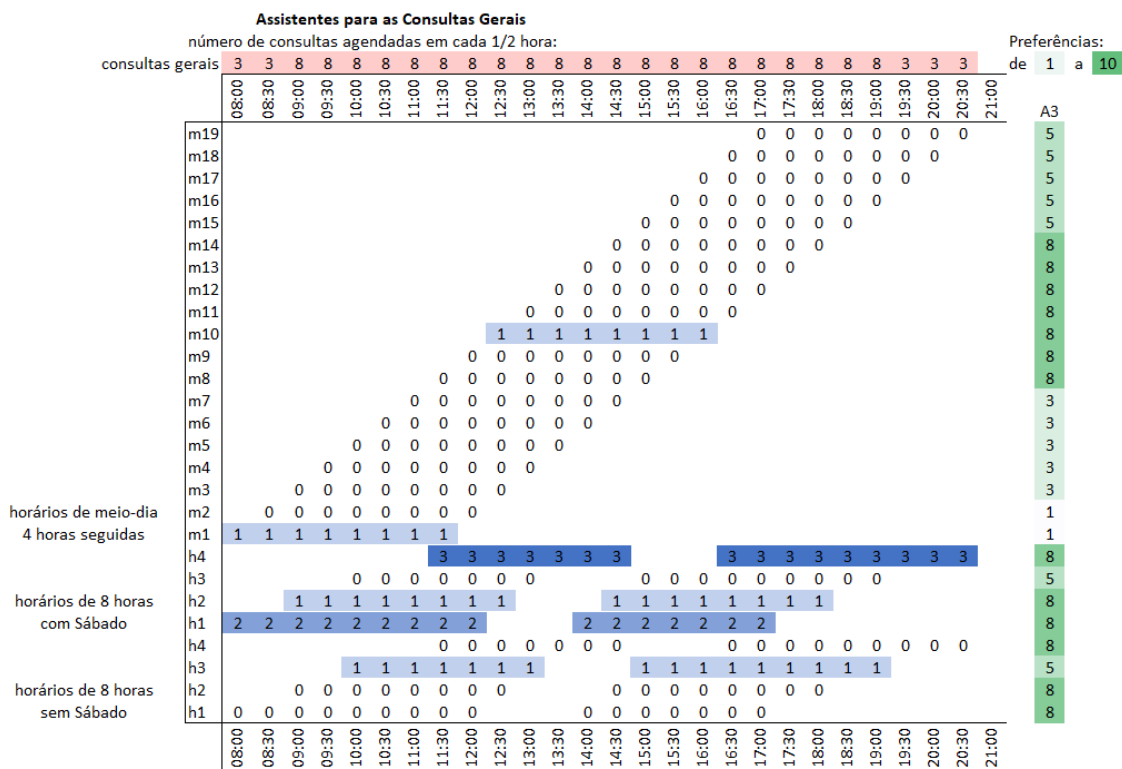


Figura 87: Horários A3 referentes ao cenário com dispensas para sexta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas do Dr. Francisco

Assistentes para as Consultas do Dr. Francisco
 número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

consultas do Dr. Francisco	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	A1
m19	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
m17																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
m16																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
m15															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
m14													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m13												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m12											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m11										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m10									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m9								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m8							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
m7						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
m6					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
m5					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
m4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
m3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
m2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
m1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
h4								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
h2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
h4								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
h3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Preferências: (de 1 a 10)

Figura 88: Horários A1 referentes ao cenário com dispensas para sexta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Consultas de Pediatria

Assistentes para as Consultas de Pediatria
número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

		consultas de Pediatria																			Preferências: (de 1 a 10)								
		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00		17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
horários de meio-dia 4 horas seguidas		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	A2	
horários de 8 horas com Sábado																													
horários de 8 horas sem Sábado																													
m19																													5
m18																													5
m17																													5
m16																													5
m15																													5
m14																													8
m13																													8
m12																													8
m11																													8
m10																													8
m9																													8
m8																													8
m7																													3
m6																													3
m5																													3
m4																													3
m3																													3
m2																													1
m1																													1
h4																													5
h3																													8
h2																													5
h1																													3
h4																													5
h3																													8
h2																													5
h1																													3

Figura 89: Horários A2 referentes ao cenário com dispensas para sexta

Otimização de Escalas de Trabalho para Assistentes da Clínica Dentária Delille

Assistentes para Esterilização

Assistentes na Esterilização (não contabilizam nas consultas)

número de consultas agendadas em cada 1/2 hora:

postos na esterilização	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	Preferências: (de 1 a 10)	
m19																													A4
m18																			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m17																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m16																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m15																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m14														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m13													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m12												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m11											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m10										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m9										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m8								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m7							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m6						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m5					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
horários de meio-dia 4 horas seguidas																													0
h4								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
h3						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
horários de 8 horas com Sábado																													0
h2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
h4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h3																													0
horários de 8 horas sem Sábado																													0
h2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 90: Horários A4 referentes ao cenário com dispensas para sexta

Gráfico de necessidades de Assistentes totais

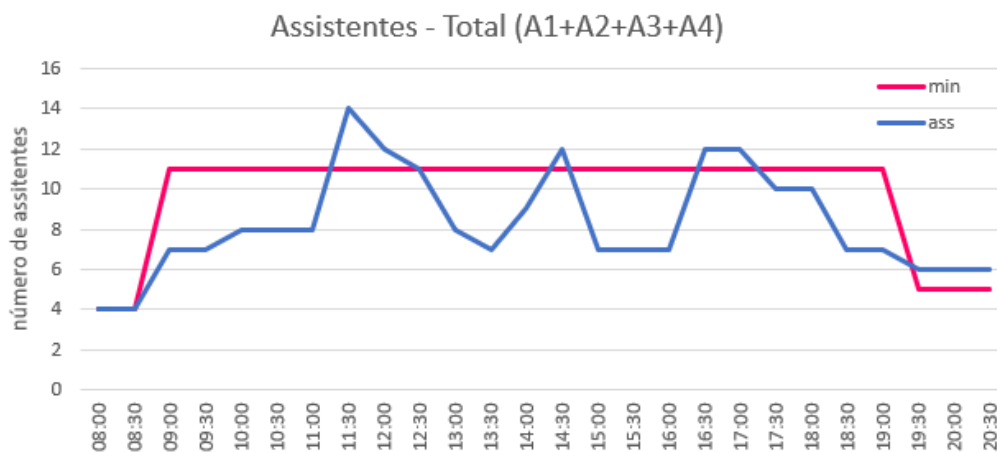


Figura 91: Gráfico de assistentes totais referente ao cenário com dispensas para sexta