

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

GABRIEL VALENÇA MASSENS

**ABORDAGEM HÍBRIDA DE OTIMIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE ESCALAS
DE TRABALHO DO PESSOAL DE ENFERMAGEM**

BENTO GONÇALVES

2019

GABRIEL VALENÇA MASSENS

**ABORDAGEM HÍBRIDA DE OTIMIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE ESCALAS
DE TRABALHO DO PESSOAL DE ENFERMAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky

BENTO GONÇALVES

2019

RESUMO

Nos problemas de escala de trabalho, há a preocupação em dimensionar a força de trabalho, alocar e designar tarefas a essa força de trabalho, respeitando a legislação de cada setor, acordos sindicais e atender (quando possível) as demandas individuais dos funcionários. Na área da saúde, a complexidade do problema de escala de trabalho está em elaborar escalas que obedecem às normas internas da instituição e às externas, garantindo que não haja sobrecarga de tarefas e, o mais importante, reduzindo os custos operacionais sem prejudicar o atendimento aos pacientes e demais serviços. Para garantir um atendimento de qualidade aos pacientes, o enfermeiro-chefe de cada setor é responsável pela elaboração das escalas mensais da equipe de enfermagem, de forma a não haver excesso, nem falta de pessoal. Quando realizada manualmente, ou sem o uso de alguma ferramenta de apoio, essa tarefa consome tempo excessivo dos responsáveis por elaborá-la, tendo muitas vezes como resultado uma escala desigual que não atende aos anseios dos enfermeiros. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e aplicar uma ferramenta computacional para a construção de escalas de trabalho mensais para o pessoal de enfermagem, por meio de uma abordagem metaheurística híbrida formada pela combinação da metaheurística Simulated Annealing e do método Clustering Search. A ferramenta computacional desenvolvida foi avaliada utilizando problemas-teste da literatura e também casos reais de um hospital do município de Caxias do Sul, obtendo resultados satisfatórios em relação aos resultados encontrados na literatura, além de ter gerado escalas viáveis para a instituição hospitalar.

Palavras-chave: Escala de Trabalho. Enfermagem. Otimização Combinatória. Simulated Annealing. Clustering Search. Metaheurística Híbrida.

ABSTRACT

In the personnel rostering problem, there is concern in dimensioning the workforce, allocating and assigning tasks to this workforce, respecting the legislation of each sector, union agreements and attending (when possible) the individuals employees' demands. In the healthcare area, the complexity of the personnel rostering problem is to elaborate rosters that comply with the internal norms of the institution and the external ones, ensuring that there is no overload of tasks and, most importantly, reducing operating costs without harming patients care and other services. To ensure quality patient care, the head nurse in each sector is responsible for preparing monthly nursing staff rosters, so that there is no excess or staff shortage. When done manually, or without using some support tool, this task consumes excessive time of the responsible for preparing it, often resulting in an unequal scale that does not meet nurses' wishes. Thus, the present work aims to develop and apply a computational tool for the construction of monthly work rosters for the nursing staff, through a hybrid metaheuristic approach formed by the combination of the metaheuristic Simulated Annealing and the Clustering Search method. The computational tool developed has been evaluated using test problems from the literature and real cases from a hospital located in the city of Caxias do Sul, reaching satisfactory results compared to those found in the literature, in addition to having generated feasible schedulings for the hospital institution.

Keywords: Rostering. Nursing. Combinatorial Optimization. Simulated Annealing. Clustering Search. Hybrid Metaheuristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resultados da pesquisa na base de dados Scopus.....	19
Figura 2 – Exemplo de representação de escala dos enfermeiros.	28
Figura 3 – Pseudocódigo do SA.....	31
Figura 4 – Modificação aleatória.....	33
Figura 5 – Swap aleatório.....	33
Figura 6 – Modificação direcionada.....	34
Figura 7 – Swap direcionado.....	34
Figura 8 – Fluxograma do CS.	36
Figura 9 – Pseudocódigo do SA-CS para o NRP.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de metaheurísticas híbridas aplicadas ao NRP.	18
Tabela 2 – Resultados da pesquisa na Scopus com a inserção do termo “heuristics”.20	
Tabela 3 – Parâmetros empregados na ferramenta computacional.	41
Tabela 4 – Pesos da violação da cobertura.	42
Tabela 5 – Valores considerados na sintonia dos parâmetros do SA.	43
Tabela 6 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA.	43
Tabela 7 – Valores considerados na sintonia dos parâmetros do SA-CS.	43
Tabela 8 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA-CS para a Instância 1.	44
Tabela 9 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA-CS para a Instância 3.	44
Tabela 10 – Comparativo dos resultados com $\alpha = 0,95$ e $\alpha = 0,975$	45
Tabela 11 – Comparação dos resultados do SA e SA-CS.	46
Tabela 12 – Melhores resultados fornecidos pelos algoritmos desenvolvidos.	46
Tabela 13 – Cobertura diária por turno.	48
Tabela 14 – Resultados do Cenário 1.	48
Tabela 15 – Resultados do Cenário 2.	49
Tabela 16 – Resultados do Cenário 3.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COFEN	Conselho Federal de Enfermagem
CS	Clustering Search
GRASP	Greedy Randomized Adaptive Search Procedures
LTH	Low-level Teamwork Hybrids
NRP	Nurse Rostering Problem
PSP	Personnel Scheduling Problem
SA	Simulated Annealing
SCP	Sistema de Classificação de Pacientes
SUS	Sistema Único de Saúde
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	21
1.4 OBJETIVOS	21
1.4.1 Objetivo geral.....	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	22
1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	22
2 MÉTODO.....	24
2.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	24
2.2 MÉTODO DE TRABALHO	24
2.2.1 Modelagem	24
2.2.1.1 Modelo matemático	27
2.2.1.2 Modelo computacional	28
2.2.1.2.1 <i>Representação da solução</i>	28
2.2.1.2.2 <i>Função objetivo</i>	29
2.2.1.2.3 <i>Simulated Annealing</i>	30
2.2.1.2.4 <i>Clustering Search</i>	34
3 EXPERIMENTOS E RESULTADOS.....	40
3.1 SINTONIA DOS PARÂMETROS E VALIDAÇÃO DO ALGORITMO	40
3.1.1 Sintonia dos Parâmetros	42
3.1.2 Validação do Algoritmo	45
3.2 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS CONSIDERANDO CASOS REAIS.....	47
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICE A – Escala do cenário 1	59
APÊNDICE B – Escala do cenário 2.....	60
APÊNDICE C – Escala do cenário 3	61
ANEXO A – Resolução COFEN-543/2017	62
ANEXO B – Escala de trabalho padrão do hospital	70

1 INTRODUÇÃO

A utilização inadequada de recursos (materiais, financeiros e humanos) gera custos às organizações. Com respeito aos recursos materiais, quando empregados em excesso, aumentam-se os gastos com estoques (custo de armazenagem), o risco de obsolescência do produto (dependendo do mercado de atuação da empresa), além de causar um uso antecipado e desnecessário dos recursos financeiros que poderiam ser aplicados em investimentos. Contudo, o custo da falta é mais complexo de se avaliar, por levar em consideração uma série de estimativas, rateios e valores intangíveis, como: custo da mão-de-obra ou linha de produção parada, multas contratuais por atraso e, ainda, prejuízos relacionados a vendas não realizadas (GURGEL; FRANCISCHINI, 2002; DIAS, 2012). Da mesma forma, os recursos humanos desempenham um papel estratégico nas empresas, exigindo esforços de gestão para que exerçam, de maneira satisfatória, suas funções organizacionais.

Segundo Walker (1980 apud ALMEIDA; TEIXEIRA; MARTINELLI, 1993), os recursos humanos influenciam na capacidade de uma empresa atingir os objetivos estratégicos em três itens fundamentais: os custos, a capacidade de operar efetivamente e a capacidade de empreendimento e inovação. De acordo com Rothwell e Kazanas (2003), as organizações não se formariam, nem sobreviriam, sem a aplicação criativa do conhecimento e habilidades humanas, tornando o ser humano capital intelectual a ser gerenciado como é feito com outras formas de capital. O poder de um indivíduo, ou grupo na organização, está na capacidade desses em afetar qualquer aspecto do comportamento estratégico e influenciar os níveis de desempenho organizacional (ANSOFF, 2007).

Os três principais modelos estratégicos de recursos humanos, que buscam alcançar o melhor desempenho possível das pessoas, de modo a realizar os objetivos da organização, são apresentados e explicados em detalhes por Maximiano (2014). Segundo o autor, esses três modelos não são mutuamente excludentes:

- Universalista: Pressupõe uma forma ideal de administrar as pessoas, independentemente do contexto.
- Situacional: Propõe o ajuste entre a estratégia de negócios e a estratégia de recursos humanos. Cada estratégia de negócios necessita de um tipo específico de estratégia de recursos humanos;

- Capital humano: Enfatiza as pessoas e não os métodos e processos para administrá-las. Segundo esse enfoque, que tem origem na visão baseada em recursos, é das pessoas que depende a sustentação da competitividade da organização.

Tendo em vista a importância do indivíduo como recurso estratégico e com poder para influenciar nos níveis de desempenho organizacional, propiciar um ambiente de trabalho no qual a força de trabalho sintam-se motivada e satisfeita, influencia de maneira positiva na qualidade e desempenho individuais. Diferentes pesquisas na área da psicologia organizacional abordam aspectos que influenciam na satisfação da força de trabalho, no estresse, no desgaste emocional, nos baixos níveis de realização pessoal, entre outros aspectos que causam insatisfação pelo trabalho e podem levar a transtornos psicológicos como depressão, por exemplo (KARASEK, 1979; WRIGHT; CROPANZANO, 1998; MENEZES; SILVA, 2008; WOOD et al., 2011). Estas pesquisas apontam as principais fontes causadoras, porém não exclusivas, desses males como sendo: falta de objetivos e metas (ou demandas) claras e bem definidas; pouco espaço para participação do funcionário na tomada de decisões, especialmente aquelas relacionadas a suas tarefas; sobrecarga de trabalho; tarefas pouco desafiadoras ou que não possuem relação com as competências pelas quais o funcionário foi contratado; ambiente de trabalho hostil; entre outros. Uma vez identificada uma ou mais destas causas, cabe aos gestores agirem de forma a manter o funcionário (recurso humano) satisfeito, motivado e desafiado.

Conforme foi destacado anteriormente, o recurso humano tem influência sobre diversos fatores organizacionais e na qualidade do produto que será entregue. Portanto, em organizações cujo produto entregue é um serviço (e. g. hotéis, hospitais, agências de viagem, empresas de transporte de passageiros, etc.), a gestão dos recursos humanos tem impacto direto na satisfação do cliente devido às diferenças entre um bem de consumo e o produto serviço, as quais são aqui elencadas (NOGUEIRA, 2008):

- Intangibilidade: não é palpável;
- Perecibilidade: impossibilidade de estocar o serviço, uma vez disponibilizado precisa ser usado;
- Variabilidade: comparativamente a um bem, serviços variam mais pois dependem de pessoas, e pessoas variam. Mesmo bem treinadas, não conseguem manter um padrão;

- Inseparabilidade: há interação frequente entre o serviço prestado e o próprio fornecedor, entre o cliente e o serviço, entre cliente e fornecedor e, entre clientes. Ou seja, o serviço é produzido ao mesmo tempo em que é consumido.

Dentre as organizações prestadoras de serviços, os hospitais e demais instituições prestadoras de cuidados à saúde dependem constantemente do seu capital humano para garantir um atendimento de qualidade aos pacientes. No contexto hospitalar, o capital humano é visto como um conjunto de fatores que afeta a estrutura organizacional e na maneira pela qual os funcionários são agrupados, de forma a aumentar a eficácia desse recurso para atingir as metas e objetivos da organização hospitalar. De acordo com Gonçalves (2006), os funcionários podem ser agrupados: pela especialidade (estrutura funcional), pelo processo de trabalho (estrutura divisional) e pela forma como atuam no contexto geral (estrutura matricial). Segundo o glossário do Ministério da Saúde (2004), hospitais são estabelecimentos de saúde destinados a prestar atendimento médico e hospitalar a pacientes internados. Em Janeiro de 2018, de acordo com os dados da Confederação Nacional de Saúde (CNS, 2018), o total de hospitais registrados no país era de 6.805 (21% municipais, 8% estaduais, 1% federais e 70% privados), totalizando uma disponibilidade de 492.505 leitos. O setor da saúde representava 4,3% dos 90,9 milhões de postos de trabalho ocupados no Brasil, em 2012, e gerava mais de 10% da massa salarial do setor formal (MACHADO; VIEIRA; OLIVEIRA, 2012).

Hospitais são empresas compostas por um quadro de funcionários bastante diversificado e especializado em diferentes áreas do conhecimento, justamente por necessitarem gerenciar e manter em constante funcionamento diferentes setores, como: almoxarifado, segurança, higienização, compras e vendas, farmácia, manutenção, recepção, hotelaria, limpeza, entre outros¹. Contudo, praticamente não há unidade de atendimento hospitalar que não possua enfermagem, sendo os funcionários desse setor a parcela mais representativa do quadro de funcionários e os que passam mais tempo em contato com os pacientes (SALU, 2013). A enfermagem é exercida privativamente pelo Enfermeiro, pelo Técnico de Enfermagem, pelo Auxiliar de Enfermagem e pela Parteira, respeitados os respectivos graus de habilitação. A enfermagem e suas atividades auxiliares somente podem ser

¹ Para a maioria dos hospitais, os processos relacionados à assistência médica são comumente encontrados, mas os relacionados aos processos administrativos-financeiros dependem do contexto do sistema de saúde no qual o hospital está inserido (público, privado, benemerente, geral, especializado, etc.), havendo também a possibilidade da terceirização de alguns serviços (SALU, 2013).

exercidas por pessoas legalmente habilitadas e inscritas no Conselho Regional de Enfermagem com jurisdição na área onde ocorre o exercício (BRASIL, 1986).

No Brasil, o Conselho Federal de Enfermagem (COFEN) é o órgão responsável por normatizar e fiscalizar o exercício da profissão de enfermeiros, técnicos e auxiliares de enfermagem, por meio de resoluções atualizadas anualmente, que definem as bases para o cálculo do dimensionamento do quadro de profissionais de enfermagem (COFEN, 2017). O COFEN utiliza o Sistema de Classificação de Pacientes (SCP) como base para a distribuição e dimensionamento da equipe de enfermagem, pois esse sistema considera o número médio de horas despendidas pela equipe segundo cada categoria de cuidado: mínimo, intermediário, alta dependência, semi-intensivo, intensivo (MENEGUETI et al., 2013). Dentre os diversos SCP disponíveis na literatura, a resolução do COFEN 543/2017, apresentada no Anexo A, sugere a utilização de um dos seguintes instrumentos de Classificação de Pacientes: Perroca e Gaidzinski (1998); Fugulin, Gaidzinski e Kurcgant (2005); Martins, Arantes e Forcella (2008); Perroca (2011) ou Dini e Guirardello (2014).

Diversos estudos, de acordo com o relatório da Pan American Health Organization PAHO (2005), apontam que, embora tenha havido um aumento no número de profissionais da área de enfermagem, a maioria dos países sofre com a escassez desses profissionais. Escalas de trabalho injustas e que não possuem a participação da força de trabalho na sua elaboração têm sido a principal razão pela qual o pessoal de enfermagem deseja abandonar seu trabalho (HOLTOM; O'NEILL, 2004). Outros aspectos que causam insatisfação no pessoal de enfermagem são: estresse, sobrecarga de trabalho e acúmulo de tarefas não relacionadas ao cuidado com os pacientes (WRIGHT; MAHAR, 2013). Com o intuito de minimizar esses problemas em instituições de cuidados à saúde, o problema da elaboração das escalas do pessoal de enfermagem tem atraído a atenção de pesquisadores desde 1970, sendo conhecido como Nurse Rostering Problem ou Nursing Scheduling Problem.

O problema geral de alocação da força de trabalho é conhecido como Personnel Scheduling Problem e, por ter destaque em diversas áreas, a literatura científica vem apresentado propostas e abordagens para tratar esse problema. Dependendo da área, este problema também é encontrado com os termos workforce (ou manpower, labour, staff, personnel) e scheduling (ou rostering, timetabling) sendo normalmente utilizados indistintamente para se referir ao problema geral de dimensionamento da mão-de-obra (SOUBEIGA, 2003).

Nos problemas de escala de trabalho, há preocupação em dimensionar a força de trabalho, alocar e designar tarefas a essa força de trabalho, respeitando a legislação de cada setor, acordos sindicais e atender (quando possível) as demandas individuais dos funcionários. De acordo com Meisels e Schaerf (2003), as organizações procuram alcançar alguns objetivos globais, como a redução do custo total, ou divisão mais igualitária de tarefas entre funcionários, tudo respeitando as regras gerais impostas pela organização. Na área da saúde, a complexidade do problema de escala de trabalho está em elaborar escalas que obedeçam às normas internas da instituição e às externas, garantindo que não haja sobrecarga de tarefas e, o mais importante, reduzindo os custos operacionais sem deteriorar o atendimento aos pacientes e demais serviços.

Como mencionado anteriormente, o Nurse Rostering Problem (NRP), ou Problema de Escalas de Enfermagem, tem como objetivos a elaboração de escalas de trabalho de forma a não violar as regras internas e externas da instituição de saúde, mas também minimizar os aspectos negativos oriundos da má distribuição de tarefas entre o pessoal de enfermagem, aumentar a participação desses no planejamento das escalas, minimizar perdas por excesso ou falta de pessoal, diminuir o tempo dedicado à elaboração das escalas e outras atividades não relacionadas ao cuidado dos pacientes (BURKE et al., 2004).

Ao longo de quatro décadas, métodos matemáticos exatos, heurísticos e metaheurísticos têm sido propostos para a resolução do NRP e suas variantes em diversos hospitais e enfermarias (KNUST; XIE, 2017). Nesse sentido, o presente trabalho busca apresentar uma proposta de solução para o NRP de uma determinada ala de um hospital localizado na cidade de Caxias do Sul, utilizando-se de uma abordagem metaheurística.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Personnel Scheduling Problem (PSP) está presente de forma notória em empresas que operam 24 horas por dia, 7 dias por semana e onde o período de trabalho é dividido em diversos turnos de trabalho durante o dia, podendo haver variação da demanda ao longo do dia e da semana (CONSTANTINO, 1997). Por haver diversas empresas que operam no modelo 24/7, cada qual com características de negócios e legislações próprias, uma gama de variações do PSP foi tema de diferentes pesquisas. Dentre os problemas específicos de alocação da força de trabalho, encontram-se pesquisas para (i) o escalonamento de tripulações, (ii) centrais telefônicas, (iii) sistemas de cuidados à saúde, (iv) hospitalidade e turismo, (v) serviços de

proteção e emergência, entre outros (ERNST et al., 2004; BERGH et al., 2013; BOUAJAJA; DRIDI, 2017).

Apesar dessa variedade de problemas específicos, todos possuem conceitos em comum, elencados a seguir (CONSTANTINO, 1997; SMET et al., 2014; INGELS; MAENHOUT, 2015):

- Período de planejamento: é o período de tempo para o qual o planejamento de escala de serviços é feito, pode variar de acordo com os setores, países e época do ano;
- Empregado: ou trabalhador, é uma unidade básica de recurso humano no processo de geração da escala de serviços;
- Turno de trabalho: é um período de tempo no qual um empregado executará suas atividades ao longo de um dia de trabalho;
- Parada: ou break, é o intervalo de tempo durante o turno de trabalho dedicado ao descanso ou refeições;
- Tipos de turno: são identificados pela hora de início, hora de término, duração, pelas janelas de parada (almoço, café, descanso, etc.) e pelo tipo de atividade;
- Dia de folga: é o dia em que o empregado não realizará nenhum trabalho na organização;
- Programação: é uma sequência de turnos e folgas que um empregado executará durante o período de planejamento.
- Escala: é o conjunto das programações de todos os empregados. Conforme Khoong, Lau e Chew (1994), as escalas podem ser cíclicas (há um rodízio dos turnos entre os empregados, de acordo com um plano de escala padrão) ou acíclicas (as escalas são únicas para cada empregado).

Dentre os problemas de alocação de funcionários que surgem em diferentes contextos, alocar o pessoal de enfermagem é uma tarefa desafiadora. O NRP é um problema combinatório classificado de acordo com sua complexidade como NP-difícil (OSOGAMI; IMAI, 2000), com um conjunto variado de restrições, uma vez que há diferentes necessidades de alocação da equipe de enfermagem em dias e turnos diferentes, além de que as escalas devem atender às restrições obrigatórias e – quando possível – às desejáveis (BURKE et al., 2004; BRUCKER; QU; BURKE, 2011; HADWAN et al., 2013). Além do objetivo de minimizar os gastos com pessoal (por excesso ou falta), os outros possíveis objetivos para a tomada de decisão incluem:

a maximização da utilização da força de trabalho, a maximização das preferências da equipe, e a minimização das penalidades causadas por violações de restrições desejáveis (WU; YEH; LEE, 2015).

Para um sistema de escalas do pessoal de enfermagem ser eficiente e eficaz, deseja-se que o tempo despendido pelo chefe da enfermagem na elaboração das escalas seja reduzido, bem como não permitir a geração de escalas com horas extras. Além disso, as escalas devem também ser aceitáveis do ponto de vista da equipe de enfermagem, de modo a elevar a retenção dessa mão-de-obra já escassa (KELLOGG; WALCZAK, 2007). Dentro dessa concepção, diversas pesquisas ao longo de quatro décadas vêm propondo métodos para automatizar esse processo. Porém, na prática, a maioria das instituições de saúde do mundo ainda constrói suas escalas manualmente e desconhecem, ou não aplicam, tais métodos (DIAS et al., 2003; ERNST et al., 2004; DRAKE, 2014).

De acordo com as surveys de Bergh et al. (2013) e Bouajaja e Dridi (2017), métodos exatos (programação linear inteira, ou linear inteira mista) e métodos heurísticos são amplamente utilizados para solução do PSP e das suas variantes, tanto de maneira individual, quanto combinada. Os métodos exatos pressupõem a obtenção da solução ótima de um determinado problema, porém, para problemas da classe NP-difícil, o tempo despendido para obter o resultado torna sua utilização inviável do ponto de vista prático, justificando o uso de metaheurísticas (TALBI, 2009). Por sua vez, as metaheurísticas têm a vantagem de encontrar boas soluções (não necessariamente a ótima) para problemas de dimensão real em tempo limitado, além de possuírem meios de escapar de ótimos locais (HILLIER; LIEBERMAN, 2015). Glover e Kochenberger (2003) comentam que aplicações dos métodos exatos incorporando estratégias metaheurísticas são as mais bem-sucedidas.

Diversos métodos de solução foram e continuam sendo desenvolvidos para lidar com o NRP (CHEANG et al., 2003; TEIN; RAMLI, 2010). Dos anos 80 em diante, métodos utilizando inteligência artificial, como Programação por Restrições (HOFE, 2001), Sistemas Especialistas (CHEN; YEUNG, 1992) e Sistemas Baseados em Conhecimento (BEDDOE; PETROVIC, 2006) foram utilizados com algum sucesso. A partir dos anos 90, as pesquisas na área se voltaram para o emprego das metaheurísticas, com trabalhos utilizando técnicas como Simulated Annealing (BRUSCO; JACOBS, 1995), Busca em Vizinhança Variável (VNS) BURKE et al., 2008), Busca Tabu (DOWSLAND, 1998) e métodos evolutivos (KAWANAKA et al., 2001).

Pelo fato dos métodos exatos consumirem uma quantidade de tempo considerável para fornecer a solução de problemas da classe NP-difícil, e das metaheurísticas nem sempre garantirem a solução ótima, estratégias de hibridização entre metaheurísticas com métodos exatos têm apresentado melhores resultados para problemas reais, pois tais estratégias exploram as vantagens de ambas as técnicas, simultaneamente (JOURDAN; BASSEUR; TALBI, 2009). Exemplos de trabalhos que aplicam a estratégia híbrida ao NRP são apresentados na Tabela 1, bem como as restrições consideradas no respectivo estudo (onde H indica as restrições obrigatórias e S as desejáveis):

- H1: atender a cobertura diária exigida para cada turno;
- H2: os enfermeiros não devem trabalhar mais de um turno no mesmo dia;
- H3: número máximo de dias trabalhados durante o período de planejamento;
- H4: número máximo de turnos noturnos trabalhados durante o período de planejamento;
- H5: número máximo de finais de semana trabalhados durante o período de planejamento;
- H6: sem turno da noite entre dois turnos que não são noturnos;
- H7: pelo menos dois dias de folgas após uma sequência de noites trabalhadas;
- H8: número máximo de noites consecutivas;
- H9: número máximo de dias consecutivos trabalhados;
- H10: sem turno da noite para um determinado enfermeiro;
- H11: o número total de dias úteis para cada enfermeiro deve variar entre o limite máximo e o limite mínimo;
- H12: um turno noturno seguido por um turno da manhã não é permitido;
- H13: os enfermeiros não devem ser designados para tarefas para as quais não possuam as habilidades necessárias;
- S1: fins de semana completos, ou seja, sem turnos ou dois turnos nos finais de semana;
- S2: evitar qualquer turno sozinho (isto é, um único dia entre dois dias de folga);
- S3: número mínimo de dias de folga após uma série de turnos trabalhados;
- S4: número máximo/mínimo de manhãs e noites consecutivas;
- S5: número máximo/mínimo de dias úteis semanais;

- S6: número máximo de dias úteis consecutivos para enfermeiros de meio período;
- S7: evitar certas sequências de turnos (por exemplo, turno diurno seguido de turno noturno, etc.).
- S8: carga de trabalho justa, isto é, a diferença entre o número de turnos de trabalho diferentes para cada enfermeiro e o valor médio correspondente não deve ser maior do que 1;
- S9: o número de dias úteis consecutivos de cada enfermeiro deve variar entre três e sete;
- S10: deve haver no máximo cinco turnos noturnos de trabalho consecutivos para cada enfermeiro;
- S11: deve haver no máximo quatro dias trabalhados nos finais de semana no período de agendamento;
- S12: deve haver pelo menos dois dias de descanso após uma série de dias trabalhados;
- S13: designar um profissional que possua habilidades alternativas àquelas necessárias para a execução de uma determinada tarefa, caso o profissional que as possui não esteja disponível para ser designado a executá-las;
- S14: número máximo de dias de folga consecutivos;
- S15: número máximo de horas trabalhadas;
- S16: número máximo de um determinado tipo de turno por semana;
- S17: deve haver pelo menos dois dias de descanso após um turno noturno, ou outro turno noturno;
- S18: não designar turnos noturnos antes de um fim de semana de folga;
- S19: alocar turnos idênticos nos fins de semana;
- S20: número máximo de fins de semana trabalhados em sequência;
- S21: dias de folgas;
- S22: turnos não desejados;
- S23: turnos desejados;
- S24: disponibilizar um tutor para algum membro da equipe que não possa trabalhar sozinho;

- S25: não permitir que pessoas com as mesmas habilidades trabalhem juntas.

Tabela 1 – Exemplos de metaheurísticas híbridas aplicadas ao NRP.

Autores	Abordagem	Restrições consideradas.
(BURKE; LI; QU, 2010)	Programação Inteira com Busca em Vizinhança Variável	H1 – H10, S1 – S7
(HUANG et al., 2014)	Abordagem híbrida de Programação Inteira com um Algoritmo Evolucionário	H2, H11, H12, S1, S8 – S12
(JIN et al., 2017)	Busca Harmônica com Sistema Imune Artificial	H1, H2, H13, S1, S3 – S5, S7, S13 – S25

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra técnica que vem sendo utilizada são as hiper-heurísticas², as quais possuem como conceito ser uma metodologia com grau de abstração superior às metaheurísticas, gerenciando e combinando um conjunto de heurísticas de baixo nível conforme as características do espaço de solução que está sendo explorado (COWLING; KENDALL; SOUBEIGA, 2000). Podem ser citados alguns exemplos de aplicação ao NRP, como: uma hiper-heurística com Busca Tabu que restringe a utilização de heurísticas que não obtiveram bom desempenho por um determinado intervalo de tempo (BURKE; KENDALL; SOUBEIGA, 2003); uma hiper-heurística com um método aleatório guloso que melhora a solução encontrada pelas heurísticas de baixo nível e pela metaheurística Simulated Annealing (BILGIN et al., 2010); o desenvolvimento de uma hiper-heurística baseada em análise tensorial (ASTA; ÖZCAN; CURTOIS, 2016).

As metaheurísticas híbridas possuem diversas possibilidades de combinação que geram algoritmos eficazes e eficientes, sendo a combinação com heurísticas de busca local uma estratégia comumente utilizada para intensificar a busca a partir das soluções fornecidas pelas metaheurísticas. Contudo, aplicar essas heurísticas a cada solução pode comprometer o processo de busca em relação ao tempo de processamento (CHAVES, 2009). Para lidar com esse problema, Oliveira (2004) e Oliveira e Lorena (2004) propuseram um método híbrido que combina metaheurísticas com heurísticas de busca local que intensifica a busca somente em

² Embora o termo “hiper-heurística” tenha sido cunhado em 2000 por Cowling, Kendall e Soubeiga (SOUBEIGA, 2003), a ideia de automatizar o processo de desenvolvimento de heurísticas remonta aos anos 60 (BURKE et al., 2013).

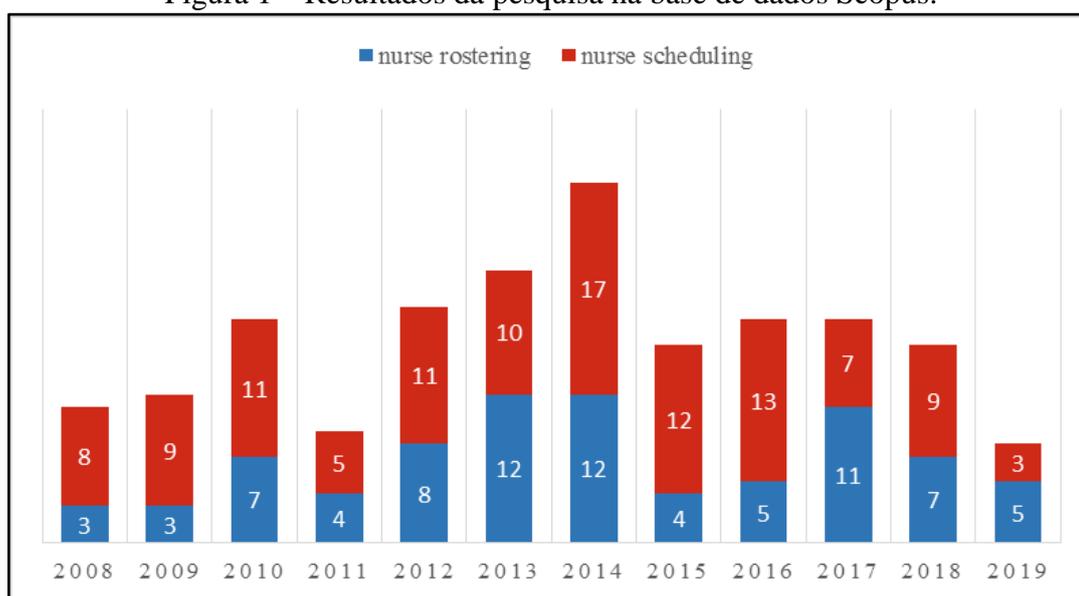
regiões promissoras, as quais são encontradas por meio de um processo de agrupamento de soluções. A Busca por Agrupamento (CS, do inglês *Clustering Search*) é um método exploratório que agrupa objetos (ou soluções) semelhantes em grupos, ou clusters, de tal maneira que as soluções no mesmo cluster sejam mais semelhantes entre si do que as contidas em outros clusters (COLE, 1998).

Desta forma, o presente trabalho propõe o emprego de uma abordagem híbrida que utilize a Busca por Agrupamentos (CS) com emprego da metaheurística Simulated Annealing (SA) para a solução do NRP. A motivação para aplicar essa abordagem está associada ao fato dela ainda ser nova para lidar com problemas de alocação de pessoal, incluindo o NRP, e de ter se mostrado promissora em outros contextos (OLIVEIRA; LORENA, 2006; NAGANO; LORENA; SILVA, 2012; OLIVEIRA; MAURI; LORENA, 2012; RABELLO et al., 2014).

1.2 JUSTIFICATIVA

Por meio da realização de uma pesquisa bibliográfica na base de dados Scopus, empregando os termos “nurse rostering” e “nurse scheduling” nos campos “título”, “resumo” e “palavras-chaves”, e tendo como corte temporal os últimos onze anos, observa-se que o NRP continua recebendo atenção dos pesquisadores. A Figura 1 apresenta os totais encontrados, tendo sido retornados um total de 84 resultados para o termo “nurse rostering”, e 115 para o termo “nurse scheduling”, o que comprova o interesse sobre o tema.

Figura 1 – Resultados da pesquisa na base de dados Scopus.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da pesquisa na mesma base de dados e mantendo o corte temporal dos últimos onze anos, mas acrescentando o termo “heuristics” nos campos “título”, “resumo” e “palavras-chaves”, mostrando o contínuo interesse por estas técnicas no tratamento do tema em estudo.

Tabela 2 – Resultados da pesquisa na Scopus com a inserção do termo “heuristics”.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
“rostering”													
AND “heuristics”	2	2	4	2	4	7	5	1	3	8	2	3	43
“scheduling”													
AND “heuristics”	4	6	4	0	4	1	4	3	3	4	0	2	35
Total	6	8	8	2	8	8	9	4	6	11	2	5	78

Fonte: O autor.

Dentre os trabalhos identificados na pesquisa bibliográfica realizada na base Scopus (além dos considerados no período de onze anos), e dada a proposta do presente estudo, alguns trabalhos merecem destaque. Burke, Causmaecker e Berghe (1999) integraram a metaheurística Busca Tabu com técnicas que são geralmente utilizadas na elaboração manual de escalas, e aplicaram a abordagem desenvolvida em cerca de 40 hospitais da Bélgica. O algoritmo desenvolvido foi incorporado ao sistema de agendamento Plane, cuja primeira versão foi implementada em 1995. O algoritmo lida com diversos tipos de turnos, regras trabalhistas e habilidades. Em 2001, Burke, Cowling e Causmaecker (2001) combinaram essa técnica com uma estratégia evolutiva, a qual gerou soluções de alta qualidade, mas com aumento no tempo de processamento.

Dias et al. (2003) desenvolveram e implementaram um Algoritmo Genético e uma Busca Tabu para o hospital escola da Universidade de Campinas. Ambas as metaheurísticas construíram escalas de trabalho sem violação de regras, com uma média de tempo entre 30 segundos e 2 minutos. O Algoritmo Genético apresentou soluções um pouco melhores que a Busca Tabu, porém, a Busca Tabu foi mais rápida para fornecer as escalas. Uma segunda versão do solver foi instalada em todas as alas do hospital, sendo utilizada rotineiramente para gerar as escalas de trabalho mensalmente.

Shahnazari-Shahrezaei et al. (2012) propuseram duas metaheurísticas para gerar as escalas de trabalho na ala da maternidade do hospital Sina: um algoritmo evolutivo diferencial e um método GRASP. A metaheurística evolutiva foi superior ao GRASP, além de ser capaz de melhorar a qualidade das soluções obtidas.

Os serviços de cuidados e assistência à saúde são prestados por diversos profissionais, tais como os médicos, farmacêuticos, odontólogos, psicólogos, fisioterapeutas, enfermeiros, entre outros, sendo o dimensionamento da equipe de enfermagem considerado um desafio, pois é imprescindível a adequação da equipe levando em consideração as características dos pacientes e o seu grau de dependência (MACHADO; VIEIRA; OLIVEIRA, 2012; MENEGUETI et al., 2013). Além da adequação da equipe às características dos pacientes, as escalas elaboradas influenciam no moral dos enfermeiros e, em caso de falta de pessoal, pode colocar o bem-estar ou até mesmo a vida dos pacientes em risco (KNUST; XIE, 2017).

Na área da saúde, é inaceitável não atender plenamente as necessidades assistenciais ao paciente e, é recomendável atender as necessidades dos profissionais envolvidos (DIAS; CHIWIACOWSKY; KORZENOWSKI, 2015). Portanto, as vantagens mais significativas da elaboração automatizada das escalas de trabalho são: uma economia expressiva de tempo para os funcionários administrativos envolvidos, qualidade na solução do problema, escalas de trabalho mais rigorosas quanto ao cumprimento de leis e normas e melhor distribuição das folgas nos sábados, domingos e feriados, além da consequente redução de custos (BURKE et al., 2004; WONG; XU; CHIN, 2014).

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Frente à situação problema exposta e ao contexto onde está inserida, a seguinte questão de pesquisa pode ser formulada: Quais as características que uma solução computacional, que construa as escalas otimizadas do pessoal de enfermagem de uma organização hospitalar real, deve apresentar de modo a respeitar as restrições institucionais e atender, quando possível, as preferências pessoais dos funcionários?

1.4 OBJETIVOS

Com base na questão de pesquisa apresentada, são definidos os objetivos geral e específicos desta pesquisa.

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma ferramenta computacional para a construção de escalas de trabalho mensais para o pessoal de enfermagem, de acordo com as regras operacionais do hospital e as restrições da legislação, por meio de uma abordagem metaheurística híbrida SA-CS.

1.4.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral, derivam-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar nos estudos sobre o NRP as abordagens metaheurísticas híbridas promissoras.
- Avaliar a situação atual das escalas no ambiente do estudo.
- Definir um conjunto de restrições obrigatórias e desejáveis com base nas normativas e nas legislações ligadas à área hospitalar, no âmbito nacional e da instituição hospitalar foco desse estudo.
- Codificar o NRP utilizando a abordagem híbrida definida.
- Verificar e validar o modelo computacional utilizando instâncias da literatura.
- Avaliar o modelo computacional desenvolvido por meio da comparação das escalas geradas com aquelas construídas na instituição hospitalar.

1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

A estrutura adotada para a este documento difere da estrutura tradicionalmente utilizada em trabalhos acadêmicos, estando alinhada com aquela de um relatório científico de caráter profissional. Na estrutura adotada, os fundamentos teóricos que embasam a pesquisa são apresentados à medida que se faz necessário o entendimento dos conceitos utilizados em cada etapa do trabalho, não existindo, portanto, um capítulo específico de fundamentação teórica.

Desta forma, este trabalho está organizado em quatro capítulos. O Capítulo 1 consiste na introdução, onde é apresentada a contextualização da pesquisa, questão de pesquisa, objetivos do trabalho, a justificativa do estudo e as suas delimitações. O Capítulo 2 aborda o método de pesquisa e o método de trabalho, detalhando a modelagem matemática, e o modelo

computacional. No Capítulo 3, encontram-se descritos os experimentos que serão realizados no desenvolvimento da pesquisa e os resultados esperados. Por fim, no Capítulo 4, são apresentadas as considerações finais.

2 MÉTODO

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre os procedimentos metodológicos adotados para a resolução do NRP, detalhando os métodos de pesquisa e de trabalho adotados, além de descrever o modelo matemático aplicado e o modelo computacional desenvolvido.

2.1 MÉTODO DE PESQUISA

Conforme Gil (2008), pesquisa é definida como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, com o objetivo de descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos. Segundo Mattar (1999), as pesquisas podem ser classificadas por inúmeros critérios, como seu escopo, natureza, objetivos e características específicas. Desta forma, a presente pesquisa classifica-se como um estudo de modelagem e simulação, de natureza aplicada, por meio de uma abordagem quantitativa e do tipo causal, quanto aos objetivos e características é de caráter exploratório.

2.2 MÉTODO DE TRABALHO

Esta seção apresenta o detalhamento das etapas do método de trabalho adotado para a realização da pesquisa.

2.2.1 Modelagem

Dentre os diversos modelos propostos para o NRP e para o PSP, Meisels e Schaerf (2003) apresentam uma proposta genérica de modelagem, onde os problemas de alocação de trabalhadores são representados por um conjunto de m trabalhadores E_1, \dots, E_m , distribuídos em n turnos S_1, \dots, S_n , de modo a garantir a execução de t tarefas T_1, \dots, T_t , tendo como objetivo encontrar uma matriz binária tridimensional \mathbf{X} de dimensão $m \times n \times t$, tal que $x_{ijk} = 1$ se o trabalhador E_i está designado à tarefa T_k no turno S_j , e $x_{ijk} = 0$ em caso contrário. Por outro lado, Awadallah, Bolaji e Al-Betar (2015) apresentam um modelo para o Nurse Rostering Problem com o objetivo de alocar n enfermeiros de um conjunto $N = \{n_0, n_1, \dots, n_n\}$, cada um com k habilidades específicas de um conjunto de habilidades $K = \{k_0, k_1, \dots, k_n\}$, a um conjunto de

dias $D = \{d_0, d_1, \dots, d_n\}$ que representa o período da escala, onde cada dia é dividido em diferentes turnos s de um conjunto de turnos $S = \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$.

Um modelo completo para o PSP, contendo todas as informações que podem estar envolvidas na elaboração de escalas, e que será a base do modelo matemático do presente estudo, é apresentado por Blöchliger (2004), onde algumas informações são essenciais ao problema, enquanto outras dependem das características do problema a ser modelado. Para entendimento da formulação matemática do modelo utilizado neste trabalho, são necessárias algumas definições, já adaptadas para o NRP:

- b : é um bloco de tempo, isto é, um período de tempo ao qual um enfermeiro pode ser designado com uma hora de início e de fim (turno), podendo ter um custo associado;
- s : representa um enfermeiro;
- X : representa a solução como o conjunto de todas as variáveis de decisão x_{sb} , onde $x_{sb} = 1$ se o enfermeiro s está designado ao bloco de tempo b , ou $x_{sb} = 0$ caso contrário;
- C_{sb} : identifica o custo de designar o enfermeiro s ao bloco de tempo b ;
- C_{soft} : é a soma das penalidades de todas as violações de restrições desejáveis (soft constraints);
- γ_{soft} : é o fator de conversão, ou peso, de C_{soft} , utilizado para converter C_{soft} à mesma escala de grandeza que dos demais custos;
- C_{fair} é a soma das medidas de injustiças para cada enfermeiro;
- γ_{fair} : é o fator de conversão, ou peso, de C_{fair} , utilizado para converter C_{fair} à mesma escala de grandeza que o custo C ;
- B^* : é o conjunto de blocos de tempo que se sobrepõem ao longo do tempo;
- c : é uma restrição desejável, isto é, uma restrição que modela um desejo;
- m_c : representa um limite máximo de tolerância da violação de c ;
- f_c : é a função penalidade para cada restrição desejável c ;
- T_b : representa o conjunto de blocos de tempo que podem suceder b ;
- I : é o conjunto de itens incompatíveis, ou seja, funcionários que não devem ser alocados no mesmo turno de trabalho, ou tarefas (turnos) que não devem ser atribuídas a qualquer funcionário, pois dependem que este possua uma determinada qualificação (habilidade) para executá-las;

- j : é um trabalho, uma tarefa;
- S_j : representa o conjunto de funcionários que podem executar a tarefa j ;
- B_j : é o conjunto de blocos de tempo nos quais a tarefa j pode ser executada;
- n_j^{min} : é o número mínimo de funcionários para executar a tarefa j ;
- n_j^{max} : é o número máximo de funcionários para executar a tarefa j .

Dentre essas informações, é preciso calcular o custo total C de uma solução, o qual é a soma dos custos de cada designação, formulado como:

$$C = \sum_{s,b} x_{sb} c_{sb}. \quad (1)$$

Um aspecto importante é a distribuição igualitária dos turnos impopulares entre os trabalhadores, de tal forma que a impopularidade da escala atribuída a um trabalhador s pode ser definida como:

$$U_s = \alpha_s \sum_b x_{sb} u_b, \quad (2)$$

onde U_s é a medida de justiça da escala de trabalho u_b para o funcionário s , e α_s é um coeficiente que considera a carga de trabalho do funcionário s . Se um trabalhador cumpre meia carga-horária, esse deve receber metade de turnos impopulares em relação aos de carga integral. A solução será completamente justa quando todos U_s possuírem o mesmo valor, o que é improvável de acontecer. Para resolver a questão da distribuição justa dos turnos impopulares, também é possível tentar minimizar a diferença entre a pior e a melhor escala

$$C_{fair} = \max\{U_s\} - \min\{U_s\}, \quad (3)$$

ou, minimizando o desvio padrão dos diferentes valores de U_s pela expressão $C_{fair} = \sigma(U_s)$.

Além da distribuição justa das escalas, deve-se procurar maximizar o atendimento das preferências dos funcionários, ou seja, minimizar o custo de violação das restrições desejáveis c . Para avaliar o quanto uma escala gerada contempla as restrições desejáveis, são empregadas funções de penalização f_c associadas a cada restrição deste tipo, incorrendo em custo adicional todas as vezes que uma restrição desejável é violada. O custo de violação das restrições desejáveis C_{soft} é dado por:

$$C_{soft} = \sum_c f_c(X). \quad (4)$$

2.2.1.1 Modelo matemático

No presente trabalho, o modelo matemático adotado apresenta como objetivo a minimização do custo de violação das restrições desejáveis, com a garantia de não violação das restrições obrigatórias (hard constraints), procurando-se distribuir igualmente os turnos impopulares entre os trabalhadores. Deste modo, o modelo matemático é representado como:

$$\min \quad F(\mathbf{X}) = C(\mathbf{X}) + \gamma_{fair} C_{fair}(\mathbf{X}) + \gamma_{soft} C_{soft}(\mathbf{X}) \quad (5)$$

$$suj.a: \quad \sum_{b \in B^*} x_{sb} \leq 1, \quad \forall s \quad (6)$$

$$f_c(X) < m_c, \quad \forall c \quad (7)$$

$$\sum_{b' \in T_b} x_{sb'} \geq x_{sb}, \quad \forall b, \forall s \quad (8)$$

$$\sum_{s \in I} x_{sb} \leq 1, \quad \forall b \quad (9)$$

$$\sum_{s \in S_j, b \in B_j} x_{sb} \leq n_j^{max}, \quad \forall j \quad (10)$$

$$\sum_{s \in S_j, b \in B_j} x_{sb} \geq n_j^{min}, \quad \forall j \quad (11)$$

$$x_{sb} \in \{0,1\}. \quad (12)$$

A função objetivo (5) minimiza o somatório composto pelo custo básico de alocação de pessoas aos blocos de trabalho $C(\mathbf{X})$, pelo custo de justiça global $C_{fair}(\mathbf{X})$ ponderado por um parâmetro γ_{fair} e, pelo custo das violações das restrições desejáveis C_{soft} ponderado por um parâmetro γ_{soft} . A restrição obrigatória (6) garante que no máximo um turno pode ser selecionado de B^* , para um enfermeiro. A restrição (7) impede que o conjunto de violações das restrições desejáveis ultrapasse o limite máximo de tolerância da violação m_c . A restrição obrigatória (8) impõe restrições de sequências de blocos de tempos, de modo que, se o enfermeiro s é designado ao bloco de tempo b , então $x_{sb} = 1$, com no mínimo um bloco de tempo de T_b sendo designado à s , de forma que a soma será igual ou maior que 1. A restrição de incompatibilidade (9) garante que apenas um enfermeiro, de um conjunto de enfermeiros mutuamente incompatíveis I , pode ser designado ao bloco de tempo b . As restrições (10) e (11)

garantem que as coberturas máxima e mínima, respectivamente, sejam atendidas. A restrição (12) garante o uso de variáveis binárias no modelo.

2.2.1.2 Modelo computacional

No presente estudo, foi adotada uma abordagem metaheurística híbrida que utiliza a metaheurística Simulated Annealing (SA), ou Têmpera Simulada, em conjunto com o método Clustering Search (CS), ou Busca por Agrupamentos. Nas seções a seguir, são apresentados os detalhes do modelo computacional desenvolvido, com descrição da codificação empregada para representar a solução, a função objetivo empregada na solução computacional, e cada uma das técnicas que compõem a abordagem híbrida de solução desenvolvida neste estudo.

2.2.1.2.1 Representação da solução

A solução é representada por uma estrutura reproduzindo um calendário, onde cada linha corresponde a um enfermeiro ou técnico, e cada coluna corresponde a um dia do horizonte de planejamento. A escala final é armazenada em uma estrutura auxiliar, a qual contém a identificação dos funcionários e os turnos trabalhados em cada dia, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de representação de escala dos enfermeiros.

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1	D	D	D	D	D		P
Enf. 2	T	T	T	T	T	P	
Enf. 3	NA		NA		NA		NA
Enf. 4		NB		NB		NB	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 2 representa uma escala composta por quatro enfermeiros e um horizonte de planejamento de sete dias. O primeiro enfermeiro trabalha somente no turno da manhã (D) e realiza um plantão de 12 horas (7 h – 19 h) no Domingo. O segundo enfermeiro trabalha no turno da tarde (T) e seu plantão é realizado no Sábado. O terceiro enfermeiro trabalha no turno da noite A (NA), enquanto que o quarto enfermeiro trabalha nas noites em que o terceiro enfermeiro está de repouso obrigatório, identificadas como noite B (NB).

2.2.1.2.2 Função objetivo

Com o objetivo de gerar a escala de horários de pessoal por meio do modelo computacional desenvolvido, foi empregada uma versão modificada do modelo matemático definido pelas equações (5) a (12). A função objetivo adotada na solução computacional não considera os custos de alocação de pessoas aos turnos de trabalho nem os aspectos de distribuição justa dos turnos impopulares, mas contabiliza o atendimento dos desejos do pessoal a ser alocado. Somado a isso, as restrições representadas pelas equações (10) e (11), relativas às coberturas máxima e mínima, foram relaxadas e inseridas na função objetivo na forma de termos de penalização, ponderados pelos respectivos coeficientes de penalização. Com isso, a função objetivo empregada no processo de otimização é assim descrita:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } FO(\mathbf{X}) = & \gamma_{cmax} \sum_j \max \left\{ 0, \left(\sum_{\substack{s \in S_j \\ b \in B_j}} x_{sb} - n_j^{max} \right) \right\} + \\
 & + \gamma_{cmin} \sum_j \max \left\{ 0, \left(n_j^{min} - \sum_{\substack{s \in S_j \\ b \in B_j}} x_{sb} \right) \right\} + \sum_{s \in S} \sum_{b \in B_d^s} \gamma_d^s (1 - x_{sb}) + \\
 & + \sum_{s \in S} \sum_{b \in B_i^s} \gamma_i^s x_{sb} , \tag{13}
 \end{aligned}$$

onde os dois primeiros termos referem-se à penalização pelo não cumprimento da cobertura máxima e mínima, respectivamente, onde γ_{cmax} e γ_{cmin} são os respectivos coeficientes de penalização, e os últimos dois termos contabilizam o número de turnos desejados (B_d) e indesejados (B_i) não atendidos, respectivamente, ponderados pelos respectivos pesos γ_d^s e γ_i^s . O cumprimento das restrições obrigatórias é garantido na forma como o código foi desenvolvido, impedindo que soluções inviáveis sejam avaliadas pela função objetivo.

A adoção da função objetivo neste formato se justificativa pela necessidade de avaliar os mesmos aspectos considerados nos problemas-teste, disponíveis no sítio Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets, adotados para validação da solução computacional desenvolvida.

2.2.1.2.3 Simulated Annealing

O uso dessa metaheurística, aplicada a problemas de otimização, surgiu dos trabalhos de Kirkpatrick, Gellat e Vecchi (1983) e Černý (1985), ambos inspirados no algoritmo proposto por Metropolis et al. (1953). Esta técnica representou um impacto importante no campo das heurísticas de busca, por sua simplicidade e eficiência em resolver problemas de otimização combinatória (TALBI, 2009). O Simulated Annealing (SA), ou Têmpera Simulada, é assim denominado por se basear no processo de recozimento, o qual envolve o aquecimento de um sólido cristalino a uma temperatura acima do seu ponto de fusão, sendo lentamente resfriado, passando por diferentes estados, até atingir a configuração de rede cristalina mais regular possível, isto é, com energia interna mínima, o que reduz os defeitos no material (HENDERSON; JACOBSON, 2003).

Ao se propor uma analogia do processo de recozimento com um problema de otimização combinatória, o nível de energia é representado pela função objetivo do problema de otimização, um estado do sistema é uma solução viável do problema, a temperatura é um parâmetro de controle e o estado de mínima energia é a melhor solução (CHAVES, 2009). Para escapar de um ótimo local, uma probabilidade p , também conhecida como probabilidade de transição, é utilizada para aceitar, ou não, qualquer movimento ou mudança que piore a solução. Essa probabilidade é determinada de acordo com a expressão (YANG, 2014)

$$p = \exp \left[-\frac{\Delta E}{k_B T} \right], \quad (14)$$

onde k_B é a constante de Boltzmann, a qual é assumida $k_B = 1$ para fins de simplificação. O símbolo T representa a temperatura a cada estado e ΔE é a variação de energia entre os estados, isto é, a variação da função objetivo, onde $\Delta E = \Delta = f_{atual} - f_{anterior}$. Na Figura 3, é apresentado o pseudocódigo da metaheurística SA para o caso de minimização.

Figura 3 – Pseudocódigo do SA.

```

algoritmo SA ( $T_0, SA_{max}, \alpha$ )
    gere uma solução inicial  $s$ 
     $IterT \leftarrow 0$ 
     $T \leftarrow T_0$ 
    enquanto (critério de parada não for satisfeito) faça
        enquanto ( $IterT < SA_{max}$ ) faça
             $IterT \leftarrow IterT + 1$ 
            gere um vizinho  $s'$  aleatoriamente ( $s' \in N(s)$ )
            calcule  $\Delta = f(s') - f(s)$ 
            se ( $\Delta \leq 0$ ) então
                 $s \leftarrow s'$ 
            senão
                 $s \leftarrow s'$  com probabilidade  $e^{-\Delta/T}$ 
            fim-se
        fim-enquanto
         $T \leftarrow \alpha \times T$ 
         $IterT \leftarrow 0$ 
    fim-enquanto
fim-algoritmo

```

Fonte: Adaptado de Henderson e Jacobson (2003).

Na Figura 3, a temperatura inicial T_0 é definida de tal forma a não apresentar um valor elevado demais, caso contrário quase todas as mudanças na solução serão aceitas, nem extremamente baixa, quando soluções de piora dificilmente seriam aceitas e a diversificação das soluções reduzida, mesmo que a melhora na função objetivo f seja sempre aceita.

O parâmetro SA_{max} é o número máximo de soluções geradas em cada patamar ou estado de temperatura T . A variável $IterT$ contabiliza a quantidade de soluções geradas em cada

patamar de temperatura, de forma que quando $IterT = SA_{max}$, a temperatura é reduzida e $IterT = 0$. O parâmetro SA_{max} foi configurado com base na proposta de Cruz-Chavéz, Martínez-Rangel, Cruz-Rosales (2017), que definem o valor de acordo com as características de cada instância. Neste trabalho, foi empregada a mesma estratégia, sendo definida a seguinte expressão:

$$SA_{max} = 2 \times (m \times (n - 1)), \quad (15)$$

onde m representa o número de enfermeiros, e n é a quantidade de dias do período de planejamento multiplicado pelo número de turnos considerados na análise.

De modo a proporcionar uma maior diversificação na busca, definiu-se que a cada seis patamares seguidos realizados sem melhora no valor da FO, o valor de SA_{max} é dobrado, desde que o novo valor não ultrapasse o valor $Iter_{max} = 100 \times SA_{max}$ (BISSOLI, 2018). O SA continua até o critério de parada ser satisfeito, mesmo se $SA_{max} = Iter_{max}$.

Dentre os diferentes critérios adotados no controle do processo de resfriamento (linear, logarítmico, entre outros), no presente trabalho será utilizado o processo de resfriamento geométrico, que é dado por $T_{k+1} = \alpha T_k$, onde T_k representa a temperatura atual e T_{k+1} a temperatura futura. O processo de resfriamento é controlado pela varável α , que, na prática, é comumente definida com um valor do intervalo $[0.5, 0.99]$, com experiências apontando que α deve ficar entre 0.7 e 0.99 (TALBI, 2009; YANG, 2014). O critério de parada pode ser definido com base no número de iterações, tempo de execução, ou pelo valor limite de resfriamento, isto é, $T_f \approx 0$, que foi utilizado neste estudo.

Há três possibilidades para gerar uma solução inicial viável: de forma aleatória; utilizando a escala atual e, utilizando a escala anterior. No presente trabalho, a escala inicial foi construída de forma aleatória conforme Burke, Cowling e Causmaecker (2001), alocando/removendo turnos para cada enfermeiro até todas as restrições obrigatórias serem atendidas. Optou-se por essa estratégia, pois, de acordo com esses autores, as outras opções frequentemente produzem soluções que se encontram em um ótimo local.

A aplicação das heurísticas de melhoramento depende da forma como a solução é representada (VOUDOURIS; TSANG; ALSHEDDY, 2010). Neste trabalho, foram utilizadas quatro diferentes estruturas de vizinhança baseadas no trabalho de Jafari e Salmasi (2015):

- a) Modificação aleatória: nesta técnica, um enfermeiro e um dia são selecionados aleatoriamente. Na sequência, modifica-se o turno (ou folga) alocado ao enfermeiro no dia por um dos turnos que o enfermeiro selecionado pode

trabalhar. A Figura 4 exemplifica o emprego dessa técnica a uma escala genérica, na qual o Enfermeiro 2 teve seu turno da manhã (D) modificado para o turno da tarde (T) na Segunda-Feira.

Figura 4 – Modificação aleatória.

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.			Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.			
Enf. 1		T	D	D	D		T	<table border="1"> <tr><td>D</td></tr> <tr><td>T</td></tr> <tr><td>-</td></tr> </table>	D	T	-	Enf. 1		T	D	D	D		T
D																			
T																			
-																			
Enf. 2	(D)	D	D			T	T		Enf. 2	T	D	D			T	T			
Enf. 3	N		D	D			N	Enf. 3	N		D	D			N				
Enf. 4		T	T	T	T	T		Enf. 4		T	T	T	T	T					
Enf. 5	T	T			N	N		Enf. 5	T	T			N	N					

Fonte: Elaborado pelo autor.

- b) *Swap* aleatório: nesta técnica, ocorrem trocas simples entre dias e enfermeiros selecionados aleatoriamente. A troca pode ocorrer tanto horizontalmente (somente entre dias de um único enfermeiro), ou verticalmente (as trocas são realizadas entre enfermeiros em um mesmo dia). Devido à quantidade de restrições a serem respeitadas, durante a fase de testes da ferramenta computacional, o *swap* vertical mostrou-se limitado para fornecer uma solução viável, quando comparado ao *swap* horizontal. Na Figura 5, é apresentado um exemplo de aplicação desta técnica onde tanto o Enfermeiro 3 quanto os turnos destacados foram selecionados aleatoriamente.

Figura 5 – *Swap* aleatório.

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.			Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.			
Enf. 1		T	D	D	D		T	<table border="1"> <tr><td>D</td></tr> <tr><td>T</td></tr> <tr><td>-</td></tr> </table>	D	T	-	Enf. 1		T	D	D	D		T
D																			
T																			
-																			
Enf. 2	D	D	D			T	T		Enf. 2	D	D	D			T	T			
Enf. 3	(N)		D	(D)			N	Enf. 3	D		D	N			N				
Enf. 4		T	T	T	T	T		Enf. 4		T	T	T	T	T					
Enf. 5	T	T			N	N		Enf. 5	T	T			N	N					

Fonte: Elaborado pelo autor.

- c) Modificação direcionada: esta técnica atua somente nos dias em que a cobertura exigida foi violada, tanto para mais quanto para menos. O ajuste na cobertura do dia selecionado aleatoriamente é testado em um enfermeiro por vez, até que seja encontrado um enfermeiro que gere uma escala viável. Caso nenhuma escala testada seja viável, para o dia selecionado, encerra-se o processo. A Figura 6 exemplifica o funcionamento dessa estrutura de vizinhança, a qual pode i) adicionar o turno com falta, ou ii) remover o excesso.

Figura 6 – Modificação direcionada.

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1	D	D	D	D	D		D
Enf. 2	D	D	D	D	D		
Enf. 3	D			D	D	D	D
Enf. 4	D			D	D	D	
Enf. 5			D	D		D	
Cobertura	4	2	3	5	4	3	2
Cobertura exigida	4	2	5	3	2	4	2

i)

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1		D	D	D	D		D
Enf. 2	D	D	D	D	D		
Enf. 3	D			D	D	D	D
Enf. 4	D				D	D	
Enf. 5			D	D		D	
Cobertura	3	2	3	5	3	3	2
Cobertura exigida	4	2	5	3	2	4	2

ii)

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1		D	D	D	D		D
Enf. 2	D	D	D	D	D		
Enf. 3	D			D	D	D	D
Enf. 4	D				D	D	
Enf. 5			D	D		D	
Cobertura	3	2	3	4	4	3	2
Cobertura exigida	4	2	5	3	2	4	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

- d) *Swap* direcionado: nesta técnica, o princípio de funcionamento é o mesmo do *swap* aleatório, porém as trocas são entre dias com excesso e falta de cobertura. Na Figura 7 é apresentado um exemplo de funcionamento desta estrutura de vizinhança.

Figura 7 – *Swap* direcionado.

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1		D	D	D	D		D
Enf. 2	D	D	D	D	D		
Enf. 3	D		D	D		D	D
Enf. 4	D		D	D	D		
Enf. 5			D	D	D		D
Cobertura	3	2	4	5	3	3	2
Cobertura exigida	4	2	5	3	2	4	2

	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.	Dom.
Enf. 1		D	D	D	D		D
Enf. 2	D	D	D	D	D		
Enf. 3	D		D	D		D	D
Enf. 4	D		D	D		D	
Enf. 5			D	D		D	
Cobertura	3	2	5	5	2	3	2
Cobertura exigida	4	2	5	3	2	4	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.1.2.4 Clustering Search

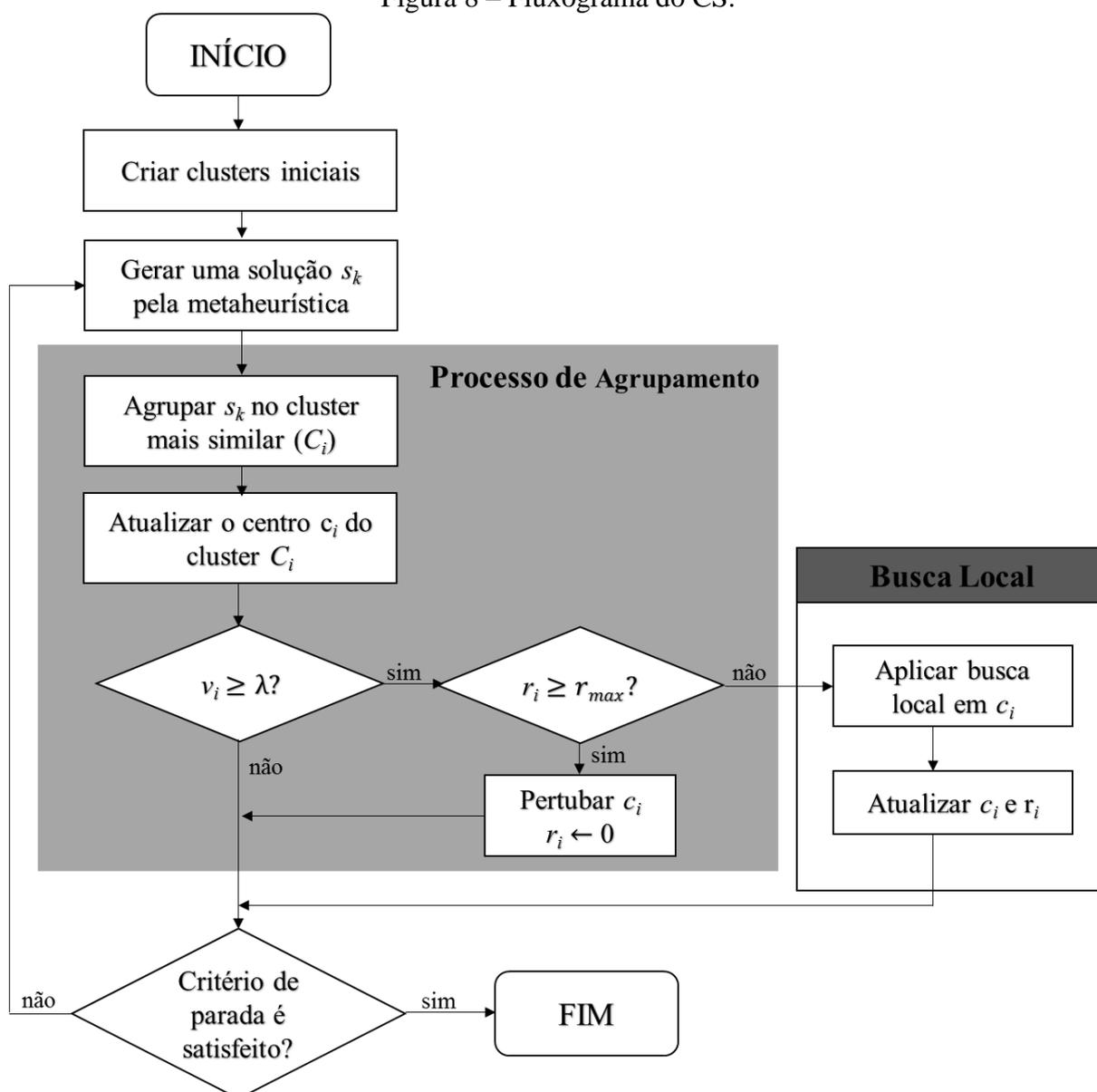
O método Clustering Search (CS), ou Busca por Agrupamento, foi proposto inicialmente por Oliveira (2004) e Oliveira e Lorena (2004), sendo denominado Evolutionary Clustering Search (ECS), ou Busca Evolutiva por Agrupamento. Na proposta original deste método, um processo de agrupamento é executado iterativamente em conjunto com um algoritmo evolutivo, com o objetivo de detectar regiões promissoras baseado na quantidade de soluções geradas em cada região de busca. Para generalizar o algoritmo, a parte evolutiva foi substituída por outras metaheurísticas, como, por exemplo, o Simulated Annealing, o que provocou uma mudança na denominação da técnica para simplesmente Clustering Search (CS) (OLIVEIRA; LORENA, 2006; CHAVES, 2009). Na proposta original (OLIVEIRA, 2004), o

ECS era constituído por quatro componentes com atribuições diferentes e conceitualmente independentes:

- Um algoritmo evolutivo, ou metaheurística de busca, responsável por gerar as soluções;
- Um agrupador iterativo para reunir as informações similares entre grupos, mantendo uma solução representativa associada a essa informação, chamada de centro de cluster;
- O analisador de agrupamento, executado sempre que uma solução for designada a um cluster, verificando se esse é promissor, ou não. Um cluster é promissor quando atinge uma certa densidade;
- O algoritmo de busca local para intensificar a busca das supostas regiões promissoras, delimitadas por clusters. Essa etapa pode ser suprimida em virtude de a intensificação da busca ser um processo contínuo inerente ao componente de coleta de informações.

No presente trabalho, foi adotada a definição de cluster e a forma de inicialização dos clusters proposta por Chaves (2009), combinada com a proposta de Bissoli (2018) para o processo de agrupamento das soluções geradas pela metaheurística. O primeiro autor estabelece o emprego de três atributos para definir um cluster $C=(c,v,r)$, onde o centro c_i é uma solução que representa o cluster C_i , v_i é quantidade de soluções agrupadas no cluster C_i e, por fim, r_i é o índice de ineficácia para identificar se o processo de busca local está ou não melhorando o centro do cluster C_i . A Figura 8 apresenta a forma de emprego da estratégia híbrida do CS para um problema de minimização.

Figura 8 – Fluxograma do CS.



Fonte: Adaptado de Chaves (2009).

Os centros dos clusters iniciais são obtidos pelo somatório das medidas de diversidade entre cada par das n soluções aleatórias contidas em um conjunto N de soluções. Posteriormente, as soluções mais diversas são alocadas aos clusters que apresentem a maior diversidade em um conjunto M composto por m soluções, as quais são então assumidas os centros dos clusters, sendo o problema de diversidade máxima (PDM) classificado como NP-difícil (KUROKAWA; GLOVER; DHIR, 1993). O método construtivo utilizado para se obter a configuração dos clusters iniciais se baseia no método de inserção do mais distante, proposto por Silva, Ochi e Martins (2006). Nesse método, a primeira solução m_1 do conjunto M é escolhida aleatoriamente

entre todas as pertencentes ao conjunto N . A segunda solução, $j \in N - m_1$, deve ser a de maior diversidade em relação à primeira escolhida. A partir da terceira, calcula-se a diversidade entre o candidato i e todas as soluções pertencentes ao conjunto parcial M , isto é, com base no maior valor de soma de diversidades $D_{soma}(i), \forall i \in N - M$.

Após a definição dos centros iniciais, o SA recebe uma solução gerada de forma aleatória, e, a cada decremento da temperatura, são realizadas SA_{max} iterações. Em seguida, a solução final s_k , fornecida pelo SA, é agrupada ao cluster mais similar, orientando-se pelas medidas de distância definidas inicialmente e, caso aconteça de haver mais clusters com o mesmo valor de distância para s_k , escolhe-se um desses aleatoriamente.

Cada solução inserida no cluster C_i aumenta seu volume v_i em uma unidade, até atingir um limite λ . Um cluster é considerado promissor se $v_i \geq \lambda$ e $r_i < r_{max}$. Uma vez que um cluster foi considerado promissor, uma heurística de busca local é aplicada no centro do cluster para intensificar a busca nessa região. Caso uma solução melhor que o centro atual do cluster seja encontrada, este é atualizado e o índice de ineficácia é zerado fazendo $r_i = 0$, caso contrário, $r_i = r_i + 1$. Quando $v_i \geq \lambda$ e $r_i \geq r_{max}$, uma perturbação aleatória é aplicada ao centro c_i do cluster. Para impedir que um cluster C_i que tenha atingido o limite de volume λ , independentemente de ter sido aplicada perturbação ou busca local, o volume v_i é reduzido para um, impedindo que esse cluster seja novamente considerado promissor na próxima iteração em que uma solução s_k for agrupada a ele. Na Figura 9 apresenta-se o pseudocódigo para o algoritmo híbrido SA-CS.

Figura 9 – Pseudocódigo do SA-CS para o NRP.

```

Algoritmo SA-CS
entrada:  $m, \lambda, r_{max}, T_0, T_f, \alpha, SA_{max}, s_0$ 
1  $r_i \leftarrow 0; v_i \leftarrow 0; \forall i = 1, \dots, m;$ 
2  $s^* \leftarrow s_0; T \leftarrow T_0;$ 
3 enquanto  $T > T_f$  faça
4    $IterT \leftarrow 0;$ 
5   enquanto  $IterT < SA_{max}$  faça
6      $IterT \leftarrow IterT + 1;$ 
7      $k \leftarrow random[1,4];$ 
8      $s' \leftarrow N^k(s);$ 
9     se  $f(s') < f(s)$  então
10       $s \leftarrow s';$ 
11      se  $f(s') < f(s^*)$  então
12         $s^* \leftarrow s';$ 
13      senão
14         $s \leftarrow s',$  com probabilidade  $e^{\frac{-(f(s')-f(s))}{T}};$ 
15     $T \leftarrow T \times \alpha;$ 
16    se  $v_i = \lambda$  então
17       $v_i \leftarrow 1;$ 
18      se  $r_i = r_{max}$  então
19         $r_i \leftarrow 0;$ 
20         $c_i \leftarrow c_i \oplus mov_{random}$ 
21      senão
22         $c_i \leftarrow N^{(random[1,4])}(c_i);$ 
23        se  $c_i$  melhorou então
24           $r_i \leftarrow 0;$ 
25        senão
26           $r_i = r_i + 1;$ 
27       $s^* \leftarrow best(s^*, c_i);$ 
28 retorna  $s^*$ 

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A inserção de uma nova solução em um cluster deve causar uma perturbação em seu centro. Esta perturbação é chamada de assimilação e consiste em atualizar o centro com informações da nova solução. (CHAVES, 2009). De acordo com Oliveira (2004), a assimilação é aplicada ao centro c_i mais próximo, considerando a solução s_k gerada pela metaheurística, e

gerando uma atualização do centro atual, havendo três diferentes formas de assimilação: simples, por recombinação e por caminho. No presente trabalho, utilizou-se a forma de atualização do centro atual empregada em Bissoli (2018), onde após a atribuição da solução ao cluster mais similar, compara-se a solução gerada pela metaheurística com a do centro do cluster e, se a solução gerada pela metaheurística for melhor, ela se torna o centro do cluster.

Conforme já observado, o método CS é aplicado conjuntamente com uma técnica metaheurística. Neste trabalho, foi empregada a metaheurística SA, compondo uma metaheurística híbrida SA-CS. De acordo com Talbi (2009), essa configuração é classificada como uma metaheurística híbrida da classe low-level teamwork hybrids (LTH). Esta configuração consiste em aplicar alguma técnica de mineração de dados (e.g., agrupamento, classificação, seleção de características e regras de associação) para agrupar soluções similares³ geradas pela metaheurística, com o objetivo de reduzir o espaço de busca e intensificar a busca somente nas regiões promissoras.

³ Essa é uma das possibilidades deste tipo de configuração. Também é possível utilizar as técnicas de mineração de dados para modificar os componentes de busca, ou, configurar dinamicamente os parâmetros da metaheurística (TALBI, 2009).

3 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados provenientes dos experimentos realizados com o modelo computacional desenvolvido. São apresentados os detalhes dos experimentos de sintonia dos parâmetros utilizados nos algoritmos e de validação do modelo, a partir do emprego de instâncias de referência da literatura. Também são apresentados os resultados provenientes dos experimentos considerando casos reais, obtidos do ambiente hospitalar. O modelo computacional foi desenvolvido com uso do software Matlab® e os experimentos foram executados em um notebook com CPU Intel Core i7 de 2 Ghz, com 6 GB de memória RAM e sistema operacional Windows 8.

3.1 SINTONIA DOS PARÂMETROS E VALIDAÇÃO DO ALGORITMO

Desenvolvida a solução computacional baseada nos algoritmos SA e CS, a fim de garantir a sua efetividade, é necessário identificar os valores mais adequados para os parâmetros empregados em ambos os algoritmos. A etapa de sintonia dos parâmetros compreende o processo de validação da solução computacional desenvolvida, realizado pela resolução de um conjunto de problemas-teste.

Para incentivar a colaboração e competição entre os pesquisadores que trabalham com o NRP e outros problemas de alocação, além de possibilitar um meio para validarem seus métodos, Brucker et al. (2010) desenvolveram uma coletânea de instâncias. Atualmente, estão disponíveis 24 instâncias, considerando diferentes quantidades para o número de enfermeiros disponíveis, para o número de turnos de alocação, bem como para o número de dias do horizonte de planejamento. A quantidade de problemas-teste disponíveis para avaliação vem aumentando devido à colaboração de pesquisadores de diversas áreas, sendo a maior parte do banco de dados composta por problemas baseados em casos reais, sendo disponibilizados no sítio Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets (2018). Os valores obtidos pela solução computacional desenvolvida foram comparados com os melhores resultados indicados nesta base de dados. A primeira etapa dos experimentos envolveu a sintonia dos parâmetros empregados em cada uma das técnicas utilizadas (SA e CS), seguida da validação da solução computacional.

Após a avaliação das instâncias de benchmark, a solução computacional também foi avaliada para casos práticos de situações reais de um hospital. As instâncias reais foram obtidas junto ao hospital descrito na Seção 1.5, onde os casos avaliados referem-se à realidade

vivenciada em quatro diferentes setores da instituição. Esta segunda etapa de testes foi realizada comparando as escalas geradas por meio do emprego da solução computacional com as escalas fornecidas pelo hospital, que foram geradas manualmente pelo pessoal encarregado desta tarefa na instituição.

Os parâmetros utilizados nos algoritmos são apresentados na Tabela 3, na qual o valor fixo de T_f foi definido empiricamente e os valores ajustáveis definidos por meio da realização dos experimentos de sintonia. Conforme mencionado na Seção 2.2.1.2.3, o parâmetro SA_{max} é adaptável para cada instância.

Tabela 3 – Parâmetros empregados na ferramenta computacional.

Símbolo	Parâmetro	Tipo	Aplicação	Valor
T_0	Temperatura Inicial	Ajustável	SA	–
T_f	Temperatura Final	Fixo	SA	10 e 0,1
α	Taxa de Resfriamento	Ajustável	SA	–
SA_{max}	Número máximo de iterações por patamar de temperatura	Adaptável	SA	–
$Iter_{max}$	Valor limite do SA_{max}	Fixo	SA	$100 \times SA_{max}$
λ	Volume máximo do cluster	Ajustável	CS	–
r_{max}	Índice máximo de ineficácia	Ajustável	CS	–
m	Número máximo de clusters	Ajustável	CS	–

Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente foram realizados os experimentos de sintonia dos parâmetros T_0 e α empregados na metaheurística SA. Com a identificação da melhor configuração para estes parâmetros, passou-se para a etapa de sintonia dos parâmetros do algoritmo CS que compõe a metaheurística híbrida SA-CS. Em ambas as fases dos experimentos, com o objetivo de analisar o comportamento médio do desempenho das técnicas na tarefa de varrer o espaço de soluções, bem como de avaliar a qualidade das soluções geradas, foram realizadas 30 execuções para cada uma das diferentes possibilidades de combinação dos parâmetros.

Para a realização dos experimentos de sintonia dos parâmetros, foram empregadas as instâncias 1 e 3 disponíveis na base de dados do Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets. A Instância 1 considera um conjunto de 8 enfermeiros que trabalham em somente um turno (no caso, o da manhã) e um horizonte de planejamento de 14 dias. Por sua vez, a Instância

3 considera um conjunto de 20 enfermeiros que podem trabalhar em um de três turnos diferentes (manhã, tarde e noite) e assume o mesmo horizonte de planejamento da Instância 1.

Na Tabela 4, são apresentados os pesos utilizados nos termos da FO (Equação (13)) que avaliam as violações da cobertura. Em todos os experimentos realizados no presente trabalho, os pesos aqui definidos foram mantidos idênticos, tanto para as instâncias da literatura quanto para as instâncias do caso real.

Tabela 4 – Pesos da violação da cobertura.

Violação	Peso
Excesso (γ_{max})	1
Falta (γ_{min})	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1 Sintonia dos Parâmetros

Nesta seção, são apresentados os resultados dos experimentos realizados para a definição dos parâmetros ajustáveis (Tabela 3) empregados nas metaheurísticas Simulated Annealing (SA) e híbrida SA-CS. Uma vez que a solução computacional desenvolvida exige um tempo de processamento excessivo (20 minutos para a Instância 1; 5 horas para a Instância 3 e 35 horas para a Instância 7), foi assumido para o conjunto de experimentos de sintonia um critério de parada prematuro, assumindo $T_f = 10$, definido com base em testes preliminares. Foi observado que a interrupção prematura do processo de otimização não compromete a identificação da configuração de parâmetros mais adequada para o uso nas metaheurísticas estudadas.

A primeira etapa dos experimentos teve o objetivo de avaliar a influência dos parâmetros α e T_0 no funcionamento da metaheurística Simulated Annealing. A Tabela 5 apresenta os valores para α e as combinações com T_0 considerados nesta avaliação.

Tabela 5 – Valores considerados na sintonia dos parâmetros do SA.

Parâmetros do SA	
α	T_0
0,85	50
0,9	100
0,95	150

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores apresentados na Tabela 5 foram combinados gerando um total de 9 conjuntos de parâmetros para a realização dos experimentos, sendo cada configuração executada 30 vezes na resolução das Instâncias 1 e 3. Na Tabela 6, são apresentados os resultados médios e o desvio-padrão (dp) da FO obtidos nos experimentos.

Tabela 6 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA.

α	Instância 1			Instância 3		
	$T_0 = 50$	$T_0 = 100$	$T_0 = 150$	$T_0 = 50$	$T_0 = 100$	$T_0 = 150$
	média/dp	média/dp	média/dp	média/dp	média/dp	média/dp
0,85	795,3/66,7	803,2/80,6	785,3/87,6	1374,0/109,9	1333,3/96,1	1330,4/110,3
0,90	782,1/83,7	770,8/88,8	750,1/75,6	1271,7/66,9	1314,0/92,0	1286,8/82,6
0,95	745,4/79,5	730,2/78,8	732,2/81,3	1196,7/79,6	1167,1/58,0	1172,4/65,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados mostrados na Tabela 6, observa-se que quanto maior o valor de α , melhor será o resultado da FO, independentemente do valor de T_0 . Porém, se $T_0 < 100$, a metaheurística converge rapidamente para um ótimo local, gerando soluções de qualidade inferior. A configuração onde $T_0 = 100$ e $\alpha = 0,95$ se destacou, para ambas as instâncias, como a melhor combinação dentre todas as avaliadas.

Na fase de sintonia dos parâmetros da metaheurística híbrida SA-CS, foram fixados os parâmetros $T_0 = 100$ e $\alpha = 0,95$. A Tabela 7 apresenta os possíveis valores para m , r_{max} e λ considerados nesta avaliação.

Tabela 7 – Valores considerados na sintonia dos parâmetros do SA-CS.

Parâmetro	Valores
m	2; 4; 6
r_{max}	2; 3

λ	3; 5
-----------	------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores apresentados na Tabela 7 foram combinados gerando um total de 12 diferentes configurações de parâmetros para a realização dos experimentos, sendo cada configuração executada 30 vezes para resolução da Instância 1. Na Tabela 8, são apresentados os resultados médios e o desvio-padrão (dp) da FO obtidos nos experimentos.

Tabela 8 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA-CS para a Instância 1.

	$\lambda = 3, r_{max} = 2$	$\lambda = 3, r_{max} = 3$	$\lambda = 5, r_{max} = 2$	$\lambda = 5, r_{max} = 2$
	média/dp	média/dp	média/dp	média/dp
$m = 2$	712,80/86,44	720,17/86,68	756,43/66,16	717,07/84,36
$m = 4$	755,27/89,63	698,77/79,61	723,53/72,06	707,27/83,68
$m = 6$	715,87/103,88	708,8/100,66	726,70/90,32	720,73/87,56

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 8, percebe-se que o melhor resultado foi obtido com a configuração: $m = 4$, $\lambda = 3$ e $r_{max} = 3$. Para a realização dos experimentos da Instância 3, o parâmetro número máximo de clusters foi fixado $m = 4$ e foram realizadas 15 execuções para cada uma das possíveis combinações dos valores para os parâmetros λ e r_{max} . Na Tabela 9, são apresentados os resultados médios e desvio padrão (dp) da FO obtidos nos experimentos.

Tabela 9 – Resultados da sintonia dos parâmetros do SA-CS para a Instância 3.

$\lambda = 3, r_{max} = 2$	$\lambda = 3, r_{max} = 3$	$\lambda = 5, r_{max} = 2$	$\lambda = 5, r_{max} = 3$
média/dp	média/dp	média/dp	média/dp
1145,40/70,89	1212,47/115,08	1194,73/157,09	1195,87,16

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados apresentados nas Tabelas 8 e 9, percebe-se que, no geral, os melhores resultados foram obtidos quando $\lambda = 3$. Isto se deve ao fato de que um menor valor de λ possibilita que o processo de busca não permaneça muito tempo em regiões não promissoras. Esta característica, combinada com um valor de r_{max} que permita o mínimo de buscas em sequência sem melhoras, possibilita a ocorrência de um número maior de perturbações nos centros dos clusters. Estas perturbações propiciam que novas regiões do espaço de busca sejam exploradas e que possíveis soluções melhores sejam encontradas.

Com o objetivo de verificar se um valor de α maior poderia produzir um comportamento médio ainda melhor, decidiu-se avaliar uma nova configuração. Considerando novamente as Instâncias 1 e 3, foram realizadas 30 execuções do algoritmo SA mantendo $T_0 = 100$, porém assumindo $\alpha = 0,975$. A Tabela 10 apresenta o resultado desse experimento e a diferença, em percentual, entre a média e o desvio-padrão dos valores de FO obtidos nos respectivos experimentos.

Tabela 10 – Comparativo dos resultados com $\alpha = 0,95$ e $\alpha = 0,975$.

	$\alpha = 0,95$	$\alpha = 0,975$	
	média/dp	média/dp	diferença (%)
Instância 1	730,23/78,81	658,17/77,74	-9,87/-1,36
Instância 3	1167,13/58,00	1114/64,38	-4,55/+11

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 10, optou-se por utilizar $\alpha = 0,975$ na etapa de validação.

3.1.2 Validação do Algoritmo

Com a conclusão da etapa de sintonia dos parâmetros empregados nas metaheurísticas SA e SA-CS, a fim de validar os algoritmos desenvolvidos, um novo conjunto de experimentos foi realizado, adotando agora o critério de parada $T_f = 0,1$. Neste conjunto de experimentos, foram consideradas as Instâncias 1 e 3, avaliadas anteriormente, acompanhadas da Instância 7, escolhida por apresentar uma configuração mais próxima ao que se verifica em situações reais, isto é, um período de planejamento de 28 dias, além de possuir um conjunto de 20 enfermeiros que podem trabalhar nos mesmos três turnos da Instância 3.

Desta forma, as metaheurísticas SA e SA-CS foram empregadas assumindo as melhores configurações de parâmetros identificados nos experimentos de sintonia, incluindo a taxa de resfriamento $\alpha = 0,975$, tendo sido realizado um conjunto de 30 execuções para as Instâncias 1 e 3 e 15 execuções para a Instância 7. Na Tabela 11, são apresentados os valores obtidos pelo emprego do SA e do SA-CS e as respectivas diferenças, para as três instâncias avaliadas.

Tabela 11 – Comparação dos resultados do SA e SA-CS.

	SA		SA-CS		Diferença (%)
	média	dp	média	dp	
Instância 1	657,27	50,12	627,53	37,98	-4,66/-24,22
Instância 3	1074,73	50,17	1069,97	45,79	-0,44/-8,73
Instância 7	1225,07	87,00	1212,33	66,04	-1,04/-24,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os valores apresentados na Tabela 11, observa-se que a abordagem híbrida SA-CS é superior à metaheurística SA em todas as instâncias avaliadas. Embora a diferença nas médias não seja muito expressiva, a metaheurística híbrida SA-CS gerou resultados com um desvio padrão consideravelmente menor do que o SA, em todas as instâncias avaliadas.

Com a realização dos experimentos empregando a configuração de parâmetros ideal, além da comparação entre as duas abordagens de solução, também foi possível realizar a validação de ambos os algoritmos. Para tanto, a Tabela 12 apresenta uma comparação entre os melhores resultados obtidos com cada uma das abordagens de solução avaliadas, para cada uma das instâncias empregadas nos experimentos. Os resultados ótimos presentes na tabela estão disponíveis na base de dados Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets.

Tabela 12 – Melhores resultados fornecidos pelos algoritmos desenvolvidos.

Instância	Ótimo	SA	GAP	SA-CS	GAP
1	607	607	0%	607	0%
3	1001	1020	1,90%	1018	1,70%
7	1056	1125	6,53%	1115	5,59%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os resultados apresentados na Tabela 12, destaca-se que a abordagem híbrida SA-CS forneceu o ótimo conhecido para a Instância 1, tendo sido observado que este valor ótimo foi alcançado em cinco das trinta execuções realizadas. Embora a abordagem híbrida SA-CS não tenha encontrado o ótimo para as outras instâncias avaliadas, os valores obtidos ficaram próximos, com uma diferença inferior a 2% para a Instância 3 e inferior a 6% para a Instância 7.

3.2 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS CONSIDERANDO CASOS REAIS

A metaheurística híbrida SA-CS foi avaliada em um cenário real de uma instituição hospitalar localizada na cidade de Caxias do Sul, considerando quatro setores: clínica médico-cirúrgica; clínica ortovascular; clínica geral e UTI adulto.

A instância real utilizada nos experimentos apresenta um total de 89 funcionários, sendo: 19 técnicos nos turnos da manhã e da tarde; 18 técnicos para cada noite; 4 enfermeiros nos turnos da manhã e da tarde; 1 enfermeiro para supervisão em cada noite; 1 enfermeiro por noite na UTI; 1 enfermeiro volante que pode trabalhar tanto no turno da manhã quanto no da tarde e 2 enfermeiros volantes que pode trabalhar somente no turno da noite. Neste hospital, as escalas são elaboradas manualmente pelo enfermeiro coordenador de cada setor. O período de planejamento adotado pelo hospital é de um mês, iniciando na última semana do mês corrente.

No processo de construção das escalas, o algoritmo levou em consideração, além das restrições definidas na Seção 2.2.1.1, também outras restrições relacionadas ao ambiente real do hospital. As restrições adicionais referem-se a aspectos relacionados às folgas do pessoal da noite, e aos dias trabalhados em feriados. Todos os técnicos e enfermeiros devem receber uma folga se tiverem trabalhado em algum feriado durante o horizonte de planejamento da escala. Para o pessoal da noite, cada funcionário tem direito a uma folga por mês, além das folgas relacionadas a feriados trabalhados. No Anexo B encontra-se a escala padrão utilizada no hospital, sendo representada pela clínica ortovascular.

O conjunto de experimentos realizados com a instância real foram definidos de acordo com três diferentes cenários: (1) o primeiro não considera a existência de funcionários em período de férias nem a ocorrência de feriados, porém considera as folgas obrigatórias; (2) o segundo considera a existência de funcionários em período de férias, mas sem a ocorrência de feriados no período; (3) o terceiro considera a existência de funcionários em período de férias e a ocorrência de feriados no horizonte de planejamento. Pelo fato de não terem sido disponibilizadas as informações relacionadas às preferências dos funcionários, todos os cenários focaram em recriar as escalas, baseando-se nas informações mencionadas acima.

Na Tabela 13, são apresentados os valores da cobertura diária, informados pelo responsável da instituição hospitalar, para os turnos da manhã, tarde e noite, considerando os setores mencionados anteriormente.

Tabela 13 – Cobertura diária por turno.

Turno	Cobertura técnicos	Cobertura enfermeiros
Manhã	19	4
Tarde	19	4
Noite A	17	2
Noite B	17	2
Final de semana (7 h – 19 h)	19	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, é apresentada uma descrição detalhada de cada um dos cenários avaliados no trabalho:

- 1) Cenário sem considerar férias, licença saúde e feriados: Este cenário teve o objetivo de verificar e validar a escala elaborada pela abordagem SA-CS, considerando os valores de cobertura apresentados na Tabela 13, a quantidade de funcionários disponíveis por setor, e os pesos para falta e excesso mencionados anteriormente. Pelo fato de haver um enfermeiro volante trabalhando durante o turno da manhã ou da tarde, além dos enfermeiros folguistas da Noite A e da Noite B, era esperado que houvesse excesso em alguns dias. Em relação aos técnicos noite, era esperado que houvesse falta de cobertura devido às folgas obrigatórias. Na Tabela 14, são apresentados os resultados para os turnos com falta e excesso, e o respectivo valor da FO. Uma parte da escala gerada pela abordagem híbrida SA-CS, correspondente ao setor de Clínica Ortovascular, é apresentada no APÊNDICE A.

Tabela 14 – Resultados do Cenário 1.

Turno	Descrição	Penalização
Manhã enfermeiros	12 dias com 1 a mais	12
Tarde enfermeiros	11 dias com 1 a mais	11
Noite A	3 dias com 1 a menos	300
Noite B	2 dias com 1 a menos	200
Enfermeiros Noite A	11 dias com 1 a mais	11
Enfermeiros Noite B	11 dias com 1 a mais	11
FO		545

Fonte: Elaborado pelo autor.

- 2) Cenário com férias e licença saúde: Neste cenário, foi elaborada uma escala onde quatro técnicos tinham direito a férias: um do turno da tarde com quinze dias de férias; um do turno da Noite B com sete dias e outro com dezesseis dias de férias; e um do turno da Noite A com quinze dias de férias. Os dias de folgas mantiveram-se os mesmos do Cenário 1. Na Tabela 15, são apresentados os resultados para os turnos com falta e excesso, e o valor da FO. Uma parte da escala gerada pela abordagem híbrida SA-CS, também do setor de Clínica Ortopédica, é apresentada no APÊNDICE B.

Tabela 15 – Resultados do Cenário 2.

Turno	Descrição	Penalização
Manhã enfermeiros	12 dias com 1 a mais	12
Tarde enfermeiros	11 dias com 1 a mais	11
Tarde técnicos	10 dias com 1 a menos	1000
Final de semana técnicos	3 dias com 1 a menos	300
Noite A	10 dias com 1 a menos 1 dia com 2 a menos	1200
Noite B	12 dias com 1 a menos 1 dia com 2 a menos	1400
Enfermeiros Noite A	11 dias com 1 a mais	11
Enfermeiros Noite B	11 dias com 1 a mais	11
FO		3945

Fonte: Elaborado pelo autor.

- 3) Cenário com férias, licença saúde e feriados: Neste cenário, os técnicos e enfermeiros que trabalharam em algum feriado receberam uma folga, além de haver um técnico do turno da tarde que estava de licença saúde pelo período de 1 mês. Na Tabela 16, são apresentados os resultados para os turnos com falta e excesso, e o respectivo valor da FO. Porém, devido à variabilidade na quantidade de faltas de ou folgas ocorridas, são apresentados apenas os valores totais para cada turno. Uma parte da escala gerada pela abordagem híbrida SA-CS, também do setor de Clínica Ortopédica, é apresentada no APÊNDICE C.

Tabela 16 – Resultados do Cenário 3.

Turno	Descrição	Penalização
Manhã enfermeiros	12 dias com 1 a mais	12
Tarde enfermeiros	11 dias com 1 a mais	11
Manhã técnicos	32 faltas	3200
Tarde técnicos	63 faltas	6300
Final de semana técnicos	7 faltas	700
Noite A	12 faltas	1200
Noite B	15 faltas	1500
Enfermeiros Noite A	11 dias com 1 a mais	11
Enfermeiros Noite B	11 dias com 1 a mais	11
FO		12945

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de não ter sido possível utilizar todo o potencial da solução computacional para o caso real, os resultados obtidos mostram que a abordagem aqui desenvolvida é capaz de gerar escalas viáveis tanto para as instâncias utilizadas, quanto para uma situação real. Um aspecto importante dessa abordagem é que ela pode ser utilizada em outras instituições hospitalares, desde que realizadas as devidas adequações para a nova realidade a ser avaliada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O NRP é um tema que continua sendo relevante, com diferentes abordagens para tratá-lo, devido ao fato de que cada caso possui suas peculiaridades. Parte da atenção dedicada a esse tema deve-se à necessidade de reduzir o tempo que os enfermeiros-chefes dedicam na elaboração das escalas mensais da equipe de enfermagem e, na redução de custos com pessoal em decorrência de escalas mal construídas.

O problema enfrentado por instituições hospitalares exige que as escalas de trabalho cumpram com as coberturas de atendimento diárias, as férias dos funcionários e as folgas, sem gerar sobrecarga de trabalho. Atualmente, o atendimento dessas condições depende diretamente da habilidade e conhecimento do coordenador de enfermagem, resultando, de acordo com a instituição hospitalar, em um processo oneroso e empírico. Por ser um problema de complexidade NP-difícil, a maior parcela dos estudos e publicações propõem heurísticas e metaheurísticas para resolvê-lo.

Dessa forma, o presente estudo propôs o desenvolvimento e a aplicação de uma ferramenta computacional para a construção e otimização das escalas de trabalho mensais para o pessoal de enfermagem em uma instituição de saúde do município de Caxias do Sul. Essa ferramenta é caracterizada pelo uso de uma abordagem híbrida, que combina a metaheurística Simulated Annealing com o método de agrupamento Clustering Search. A hibridização visa a reduzir o tempo despendido no processo de busca, ao focar somente nas regiões promissoras identificadas por clusters, bem como obter soluções de melhor qualidade em função do aprimoramento da capacidade de intensificação da técnica de otimização empregada. Os resultados obtidos pelo emprego da abordagem híbrida SA-CS demonstraram superioridade quando comparados à aplicação do Simulated Annealing individualmente, justificando sua aplicação.

Com o objetivo de sintonizar os parâmetros da metaheurística SA-CS, os experimentos iniciais foram realizados considerando problemas-teste da literatura, disponíveis no sítio Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets. Dos oito parâmetros empregados na abordagem híbrida SA-CS, apenas dois (T_f e SA_{max}) foram assumidos fixos na fase de experimentos, sendo os demais ajustados. Das três instâncias utilizadas na fase de experimentos, a abordagem híbrida SA-CS obteve o resultado ótimo para a Instância 1 e, embora a abordagem híbrida SA-CS não tenha encontrado o ótimo para as outras instâncias, os

valores obtidos ficaram próximos, com uma diferença inferior a 2% para a Instância 3 e inferior a 6% para a Instância 7.

Para os experimentos do caso prático, foram utilizadas escalas de meses anteriores fornecidas pelo hospital para definição de três cenários de avaliação: um sem a presença de funcionários em férias ou licença saúde e sem a ocorrência de feriado; outro considerou a presença de funcionários em férias e licença saúde, mas sem a ocorrência de feriados; e, por fim, um cenário considerando a presença de todas as características anteriores. O primeiro cenário teve como objetivo verificar se a abordagem híbrida gerava escalas viáveis do ponto de vista prático para seu uso operacional no hospital, o que se confirmou. Nos demais cenários, a abordagem híbrida foi capaz de reproduzir as escalas referentes aos meses anteriores.

Com base no que foi apresentado, as seguintes contribuições acadêmicas do presente trabalho podem ser destacadas: (i) aplicação do Clustering Search para o NRP; (ii) aplicação combinada do método Clustering Search e a metaheurística Simulated Annealing de modo a explorar as melhores características de intensificação e diversificação de cada uma por meio da sintonia dos parâmetros. Em relação à contribuição prática do presente trabalho, destaca-se a possibilidade de gerar escalas de trabalho viáveis de forma automática e com possibilidade de aplicação prática em uma instituição hospitalar real, apesar de não ter sido possível utilizar todo o potencial dessa abordagem para o caso real. Um aspecto importante dessa abordagem é que ela pode ser utilizada em outras instituições hospitalares, fazendo as devidas adequações para a nova realidade a ser avaliada.

Para trabalhos futuros, sugere-se utilizar, conjuntamente com as heurísticas de melhoramento, uma lista tabu que armazene os movimentos que não geraram soluções viáveis. Além disso, sugere-se a modificação da abordagem que foi desenvolvida, para lidar com faltas inesperadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. I. R.; TEIXEIRA, M. L. M.; MARTINELLI, D. P. Por que administrar recursos humanos? **Revista de Administração de Empresas RAE**, v. 33, n. 2, p. 12–24, 1993.
- ANSOFF, H. I. **Strategic Management**. 1. ed. Nova Iorque, EUA: PALGRAVE MACMILLAN, 2007.
- ASTA, S.; ÖZCAN, E.; CURTOIS, T. A tensor based hyper-heuristic for nurse rostering. **Knowledge-Based Systems**, v. 98, p. 185–199, 2016.
- AWADALLAH, M. A.; BOLAJI, A. L. A.; AL-BETAR, M. A. A hybrid artificial bee colony for a nurse rostering problem. **Applied Soft Computing Journal**, v. 35, p. 726–739, 2015.
- BEDDOE, G. R.; PETROVIC, S. Selecting and weighting features using a genetic algorithm in a case-based reasoning approach to personnel rostering. **European Journal of Operational Research**, v. 175, n. 2, p. 649–671, 2006.
- BERGH, J. VAN DEN; BELIËN, J.; BRUECKER, P. D.; DEMEULEMEESTER, E.; BOECK, L. D. Personnel scheduling: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 226, n. 3, p. 367–385, 2013.
- BILGIN, B.; DEMEESTER, P.; MISIR, M.; VANCROONENBURG, W.; BERGHE, G. V.; WAUTERS, T. **A hyper-heuristic combined with a greedy shuffle approach to the nurse rostering competition**. Proceedings of the 8th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT'10). **Anais...2010**
- BISSOLI, D. C. **Meta-heurísticas para resolução de alguns problemas de planejamento e controle da produção**. 2018. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.
- BLÖCHLIGER, I. Modeling staff scheduling problems. A tutorial. **European Journal of Operational Research**, v. 158, p. 533–542, 2004.
- BOUAJAJA, S.; DRIDI, N. A survey on human resource allocation problem and its applications. **Operational Research**, v. 17, n. 2, p. 339–369, 2017.
- BRASIL. **Lei n. 7.498, de 25 de Junho de 1986. Dispõe sobre a regulamentação do exercício da enfermagem, e dá outras providências**. Brasília, 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17498.htm>
- BRUCKER, P.; BURKE, E. K.; CURTOIS, T.; QU, R.; BERGHE, G. VANDEN. A shift sequence based approach for nurse scheduling and a new benchmark dataset. **Journal of Heuristics**, v. 16, n. 4, p. 559–573, 2010.
- BRUCKER, P.; QU, R.; BURKE, E. K. Personnel scheduling: Models and complexity. **European Journal of Operational Research**, v. 210, n. 3, p. 467–473, 2011.
- BRUSCO, M. J.; JACOBS, L. W. Cost analysis of alternative formulations for personnel scheduling in continuously operating organizations. **European Journal of Operational Research**, v. 86, n. 2, p. 249–261, 1995.
- BURKE, E. K.; CAUSMAECKER, P. D.; BERGHE, G. V.; LANDEGHEM, H. The state of the art of nurse rostering. **Journal of Scheduling**, v. 7, n. 6, p. 441–449, 2004.
- BURKE, E. K.; CAUSMAECKER, P. D.; BERGHE, G. VANDEN. **A Hybrid Tabu Search**

- Algorithm for the Nurse Rostering Problem.** Simulated Evolution and learning. **Anais...**1999
- BURKE, E. K.; COWLING, P.; CAUSMAECKER, P. D. A Memetic Approach to the Nurse Rostering Problem. **Applied Intelligence**, v. 15, n. 3, p. 199–214, 2001.
- BURKE, E. K.; CURTOIS, T.; POST, G.; QU, R.; VELTMAN, B. A Hybrid Heuristic Ordering and Variable Neighbourhood Search for the Nurse Rostering Problem. **European Journal of Operational Research**, v. 188, n. 2, p. 330–341, 2008.
- BURKE, E. K.; KENDALL, G.; SOUBEIGA, E. A Tabu-Search Hyperheuristic for Timetabling. **Journal of heuristics**, v. 9, n. 6, p. 451–470, 2003.
- BURKE, E. K.; LI, J.; QU, R. A hybrid model of integer programming and variable neighbourhood search for highly-constrained nurse rostering problems. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 2, p. 484–493, 2010.
- ČERNÝ, V. Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm. **Journal of Optimization Theory and Applications**, v. 45, n. 1, p. 41–51, 1985.
- CHAVES, A. A. **Uma meta-herística híbrida com busca por agrupamentos aplicada a problemas de otimização combinatória.** 2009. 197 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.
- CHEANG, B.; LI, H.; LIM, A.; RODRIGUES, B. Nurse rostering problems - A bibliographic survey. **European Journal of Operational Research**, v. 151, n. 3, p. 447–460, 2003.
- CHEN, J. G.; YEUNG, T. W. Development of a hybrid expert system for nurse shift scheduling. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 9, n. 4, p. 315–327, 1992.
- CNS - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Dados do Setor.** Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.cns.org.br/links/DADOS_DO_SETOR.htm>
- COFEN. **Resolução 543 de 18 de Abril de 2017.** Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.cofen.gov.br/resolucao-cofen-5432017_51440.html>
- COLE, R. M. **Clustering with genetic algorithms.** 1998. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Departamento de Ciência da Computação, Universidade da Austrália Ocidental, Perth, 1998.
- CONSTANTINO, A. A. **Otimização de escala de trabalho para condutores de trem: sequenciamento de tarefas e alocação baseada em preferência declarada.** 1997, 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- COWLING, P.; KENDALL, G.; SOUBEIGA, E. **A Hyperheuristic Approach to Scheduling a Sales Summit.** International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. **Anais...**Berlim: Springer, 2000
- CRUZ-CHAVÉZ, M. A.; MARTÍNEZ-RANGEL, M. G.; CRUZ-ROSALES, M. H. Accelerated simulated annealing algorithm applied to the flexible job shop scheduling problem. v. 24, p. 1119–1137, 2017.
- DIAS, K. C. F.; CHIWIACOWSKY, L. D.; KORZENOWSKI, A. L. Otimização de quadro de lotação hospitalar: Aplicação da meta-heurística Busca Tabu. **Espacios**, v. 36, n. 21, p. 8, 2015.
- DIAS, M. A. P. **Administração de materiais : princípios, conceitos e gestão.** 6. ed. São Paulo:

Atlas, 2012.

DIAS, T. M.; FERBER, D. F.; SOUZA, C. C.; MOURA, A. V. Constructing nurse schedules at large hospitals. **International Transactions in Operational Research**, v. 10, n. 3, p. 245–265, 2003.

DINI, A. P.; GUIRARDELLO, E. DE B. Sistema de classificação de pacientes pediátricos: aperfeiçoamento de um instrumento. **Rev. esc. enferm. USP**, v. 48, n. 5, 2014.

DOWSLAND, K. A. Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation. **European Journal of Operational Research**, v. 106, n. 2–3, p. 393–407, 1998.

DRAKE, R. G. The nurse rostering problem: From operational research to organizational reality? **Journal of Advanced Nursing**, v. 70, n. 4, p. 800–810, 2014.

Employee Shift Scheduling Benchmark Data Sets. Disponível em: <<http://www.schedulingbenchmarks.org>>. Acesso em: 6 mar. 2018.

ERNST, A. T.; JIANG, H.; KRISHNAMOORTHY, M.; OWENS, B.; SIER, D. An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering. **Annals of Operations Research**, v. 127, n. 1–4, p. 21–144, 2004.

FUGULIN, F. M. T.; GAIDZINSKI, R. R.; KURCGANT, P. Sistema de classificação de pacientes: identificação do perfil assistencial dos pacientes das unidades de internação do HU-USP. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v. 13, n. 1, 2005.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Glossário do Ministério da Saúde: projeto de terminologia em saúde. Brasília, 2004. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/glossario_ms.pdf>

GLOVER, F.; KOCHENBERGER, G. A. **Handbook of Metaheuristics**. Boston: Springer, 2003.

GONÇALVES, E. L. **Gestão hospitalar: administrando o hospital moderno**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

GURGEL, F. DO A.; FRANCISCHINI, P. G. **Administração de materiais e do patrimônio**. 1. ed. São Paulo: Thomson Pioneira, 2002.

HADWAN, M.; AYOB, M.; KENDALL, G.; QU, R. A harmony search algorithm for nurse rostering problems. **Information Sciences**, v. 233, p. 126–140, 2013.

HENDERSON, D.; JACOBSON, S. H. The theory and practice of Simulated Annealing. In: GLOVER, F.; KOCHENBERGER, G. A. (Eds.). **Handbook of metaheuristics**. Boston: Springer, 2003. p. 287–319.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research**. 10. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 2015.

HOFER, H. M. Solving rostering tasks as constraint optimization. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling III: Third International Conference, PATAT 2000 Konstanz, Germany, August 16–18, 2000 Selected Papers 3**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2001. p. 191–212.

HOLTOM, B. C.; O'NEILL, B. S. Job embeddedness : A theoretical foundation for developing a comprehensive nurse retention plan. **Journal of Nursing Administration**, v. 34, n. 5, p. 216–227, 2004.

- HUANG, H.; LIN, W.; LIN, Z.; HAO, Z.; LIM, A. An evolutionary algorithm based on constraint set partitioning for nurse rostering problems. **Neural Computing and Applications**, v. 25, n. 3–4, p. 703–715, 2014.
- INGELS, J.; MAENHOUT, B. The impact of reserve duties on the robustness of a personnel shift roster: An empirical investigation. **Computers and Operations Research**, v. 61, p. 153–169, 2015.
- JAFARI, H.; SALMASI, N. Maximizing the nurses preferences in nurse scheduling problem: Mathematical modeling and a meta-heuristic algorithm. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 11, n. 3, p. 439–458, 2015.
- JIN, S. H. et al. Hybrid and cooperative strategies using Harmony Search and Artificial Immune Systems for solving the Nurse Rostering Problem. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1090, 2017.
- JOURDAN, L.; BASSEUR, M.; TALBI, E. G. Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy. **European Journal of Operational Research**, v. 199, n. 3, p. 620–629, 2009.
- KARASEK, R. A. Job demands, job decision latitude, and mental strain: implications for job redesign. **Administrative Science Quarterly**, v. 24, n. 2, p. 285–308, 1979.
- KAWANAKA, H.; YAMAMOTO, K.; YOSHIKAWA, T.; SHINOGI, T.; TSURUOKA, S. **Genetic algorithm with the constraints for nurse scheduling problem** *Evolutionary Computation, 2001. Proceedings of the 2001 Congress on. IEEE*, 2001.
- KELLOGG, D. L.; WALCZAK, S. Nurse scheduling: From academia to implementation or not? **Interfaces**, v. 37, n. 4, p. 353–369, 2007.
- KHOONG, C. M.; LAU, H. C.; CHEW, L. W. Automated manpower rostering: Techniques and experience. **International Transactions in Operational Research**, v. 1, n. 3, p. 353–361, 1994.
- KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by simulated annealing. **Science**, v. 220, n. 4598, p. 671–680, 1983.
- KNUST, F.; XIE, L. Simulated annealing approach to nurse rostering benchmark and real-world instances. **Annals of Operations Research**, 2017.
- KUO, C. C.; GLOVER, F.; DHIR, K. S. Analyzing and Modeling the Maximum Diversity Problem by Zero-One Programming. **Decision Sciences**, v. 24, n. 6, p. 1171–1185, 1993.
- MACHADO, M. H.; VIEIRA, A. L. S.; OLIVEIRA, E. Construindo o perfil da enfermagem. **Revista Oficial do Conselho Federal de Enfermagem**, v. 3, n. 3, p. 119–122, 2012.
- MARTINS, P. A. S. F.; ARANTES, E. C.; FORCELLA, H. T. Sistema de classificação de pacientes na enfermagem psiquiátrica: validação clínica. **Rev. esc. enferm. USP**, v. 42, n. 2, p. 233–241, 2008.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e planejamento**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Recursos humanos: estratégia e gestão de pessoas na sociedade global**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- MEISELS, A.; SCHAERF, A. Modelling and solving employee timetabling problems. **Annals of Mathematics and Artificial Intelligence**, v. 39, n. 1–2, p. 41–59, 2003.
- MENEGUETI, M. G.; NICOLUSSI, A. C.; SCARPARO, A. F.; CAMPOS, L. F.; DIAS, L.;

CHAVES, P.; LAUS, A. M. Dimensionamento de pessoal de enfermagem nos serviços hospitalares: revisão integrativa da literatura. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 15, n. 2, p. 551–562, 2013.

MENEZES, P. R.; SILVA, A. T. C. Esgotamento profissional e transtornos mentais comuns em agentes comunitários de saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 5, p. 921–929, 2008.

METROPOLIS, N.; ROSENBLUTH, A. W.; ROSENBLUTH, M. N.; TELLER, A. H.; TELLER, E. Equation of state calculations by fast computing machines. **The Journal of Chemical Physics**, v. 21, n. 6, p. 1087–1092, 1953.

NAGANO, M. S.; LORENA, L. A. N.; SILVA, A. A. A new evolutionary clustering search for a no-wait flow shop problem with set-up times. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 25, n. 6, p. 1114–1120, 2012.

NOGUEIRA, J. F. **Gestão estratégica de serviços: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

OLIVEIRA, A. C. M. **Algoritmos evolutivos híbridos com detecção de regiões promissoras em espaços de busca contínuos e discretos**. 2004. 79 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

OLIVEIRA, A. C. M.; LORENA, L. A. N. Detecting promising areas by Evolutionary Clustering Search. In: **Brazilian Symposium on Artificial Intelligence**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004. p. 385–394.

OLIVEIRA, A. C. M.; LORENA, L. A. N. Pattern sequencing problems by Clustering Search. In: **Advances in Artificial Intelligence-IBERAMIA-SBIA 2006**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006. p. 218–227.

OLIVEIRA, R. M.; MAURI, G. R.; LORENA, L. A. N. Clustering Search for the berth allocation problem. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 5, p. 5499–5505, 2012.

OSOGAMI, T.; IMAI, H. Classification of various neighborhood operations for the nurse scheduling problem. In: **International Symposium on Algorithms and Computation**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2000. p. 72–83.

PAHO. **Nursing and midwifery services contributing to equity, access, coverage, quality, and sustainability**, 2005. Disponível em:

<http://www.paho.org/hq/index.php?option%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_view%26gid%3D14595%26Itemid%3D2095&ved=2ahUKEwj7tIeIgmLaAhUBFpAKHV_tAyMQFjAAegQIBxAB&usq=AOvVaw2WAzBW8mtu_RETqjQQ3am>

PERROCA, M. G. Desenvolvimento e validação de conteúdo de nova versão de um instrumento para classificação de pacientes. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v. 19, n. 1, 2011.

PERROCA, M. G.; GAIDZINSKI, R. R. Sistema de classificação de pacientes: construção e validação de um instrumento. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 32, n. 2, 1998.

RABELLO, R. L.; MAURI, G. R.; RIBEIRO, G. M.; LORENA, L. A. N. A Clustering Search metaheuristic for the Point-Feature Cartographic Label Placement Problem. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 3, p. 802–808, 2014.

ROTHWELL, W. J.; KAZANAS, H. C. **Planning and Managing Human Resources**. 2. ed. Amherst, US: HRD Press, Inc., 2003.

SALU, E. J. **Administração hospitalar no Brasil**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2013.

- SHAHNAZARI-SHAHREZAEI, P.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; AZARKISH, M.; SADEGHNEJAD-BARKOUSARAIE, A. A differential evolution algorithm developed for a nurse scheduling problem. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 23, n. 3, p. 68–90, 2012.
- SILVA, G. C. DA; OCHI, L. S.; MARTINS, S. L. Proposta e avaliação de heurísticas grasp para o problema da diversidade máxima. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 2, p. 321–360, 2006.
- SMET, P.; BILGIN, B.; CAUSMAECKER, P. D.; BERGHE, G. VANDEN. Modelling and evaluation issues in nurse rostering. **Annals of Operations Research**, v. 218, n. 1, p. 303–326, 2014.
- SOUBEIGA, E. **Development and application of hyperheuristics to personnel scheduling**. 2003. 242 f. Tese de PhD – Universidade de Nottingham, Escola de Ciência da Computação e Tecnologia da Informação, 2003.
- TALBI, E. G. **Metaheuristics: from design to implementation**. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- TEIN, L. H.; RAMLI, R. Recent advancements of nurse scheduling models and a potential path. In: **Proceedings of 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Applications (ICMSA 2010)**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. p. 395–409.
- VOUDOURIS, C.; TSANG, E. P. K.; ALSHEDDY, A. Guided local search. In: GENDREAU, M.; POTVIN, J. Y. (Eds.). **Handbook of metaheuristics**. 2. ed. Nova Iorque: Springer, 2010. p. 321–361.
- WONG, T. C.; XU, M.; CHIN, K. S. A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem : A case study in an emergency department. **Computers & Operations Research**, v. 51, p. 99–110, 2014.
- WOOD, S.; STRIDE, C.; THREAPLETON, K.; WEARN, E.; NOLAN, F.; OSBORN, D.; PAUL, M.; JOHNSON, S. Demands, control, supportive relationships and well-being amongst British mental health workers. **Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology**, v. 46, n. 10, p. 1055–1068, 2011.
- WRIGHT, P. D.; MAHAR, S. Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction. **Omega**, v. 41, n. 6, p. 1042–1052, 2013.
- WRIGHT, T. A.; CROPANZANO, R. Emotional exhaustion as a predictor of job performance and voluntary turnover. **Journal of Applied Psychology**, v. 83, n. 3, p. 486–493, 1998.
- WU, T. H.; YEH, J. Y.; LEE, Y. M. A particle swarm optimization approach with refinement procedure for nurse rostering problem. **Computers and Operations Research**, v. 54, p. 52–63, 2015.
- YANG, X.-S. **Nature-Inspired Optimization Algorithms**. 1. ed. Londres: Elsevier, 2014.

APÊNDICE A – Escala do cenário 1

	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Enf. A	ME	F	SFS	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	SFS	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F
Téc. 1	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS
Téc. 2	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS
Téc. 3	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS
Téc. 4	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS
Téc. 5	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS
Enf. B	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	SFS	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	SFS	TE	TE	TE	TE	TE	F	F
Téc. 6	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F
Téc. 7	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F
Téc. 8	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F
Téc. 9	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F
Téc. 10	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F
Enf. C	SNA	0	SNA																												
Téc. 11	F	0	NA																												
Téc. 12	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	0	NA																				
Téc. 13	NA	0	F	0	NA																										
Téc. 14	NA	0	F																												
Enf. D	0	SNB	0																												
Téc. 15	0	NB	0																												
Téc. 16	0	NB	0	F	0	NB	0																								
Téc. 17	0	F	0	NB	0																										
Téc. 18	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	F	0	NB	0																		

Legendas:

M = Manhã

T = Tarde.

SFS = Supervisão de final de semana.

FS = Plantão de final de semana.

ME = Manhã enfermeiros.

TE = Tarde enfermeiros.

NA = Noite A.

NB = Noite B.

SNA = Supervisão noite A.

SNB = Supervisão noite B.

F = Folga de escala.

APÊNDICE B – Escala do cenário 2

	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Enf. A	ME	F	SFS	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	SFS	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	
Téc. 1	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 2	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 3	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 4	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 5	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Enf. B	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	SFS	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	SFS	TE	TE	TE	TE	TE	F	F	
Téc. 6	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	
Téc. 7	T	FS	F	FÉRIAS														T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F		
Téc. 8	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	
Téc. 9	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	
Téc. 10	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	
Enf. C	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	
Téc. 11	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	FÉRIAS															
Téc. 12	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	
Téc. 13	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	
Téc. 14	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	
Enf. D	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	
Téc. 15	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	
Téc. 16	0	NB	0	NB	0	FÉRIAS						0	NB	0	F	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0
Téc. 17	0	F	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	
Téc. 18	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	F	0	NB	0	NB	0	FÉRIAS														NB	0	

Legendas:

M = Manhã

T = Tarde.

SFS = Supervisão de final de semana.

FS = Plantão de final de semana.

ME = Manhã enfermeiros.

TE = Tarde enfermeiros.

NA = Noite A.

NB = Noite B.

SNA = Supervisão noite A.

SNB = Supervisão noite B.

F = Folga de escala.

APÊNDICE C – Escala do cenário 3

	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Enf. A	ME	F	SFS	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	ME	ME	ME	ME	ME	SFS	F	ME	ME	ME	ME	ME	F	F	
Téc. 1	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	FF	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 2	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	FF	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 3	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	FF	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 4	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	FF	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	
Téc. 5	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	M	M	M	M	F	FS	M	M	M	M	M	FS	F	M	FF	M	M	M	F	FS	
Enf. B	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	SFS	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	F	TE	TE	TE	TE	TE	F	SFS	TE	TE	TE	TE	TE	F	F	
Téc. 6	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	FF	T	T	FS	F	
Téc. 7	T	FS	F	FÉRIAS													T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	F	FS	F		
Téc. 8	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	FF	FS	F	
Téc. 9	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	FF	T	T	T	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	T	T	FS	F	
Téc. 10	T	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	T	T	T	FF	FS	F	T	T	T	T	T	F	FS	FF	T	T	T	T	FS	F		
Enf. C	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	0	SNA	
Téc. 11	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	FÉRIAS															
Téc. 12	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	
Téc. 13	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	
Téc. 14	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	F	
Enf. D	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	SNB	0	
Téc. 15	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	
Téc. 16	0	NB	0	NB	0	FÉRIAS						0	NB	0	F	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0
Téc. 17	0	F	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	
Téc. 18	0	NB	0	NB	0	NB	0	NB	0	F	0	NB	0	NB	0	FÉRIAS											NB	0				

Legendas:

M = Manhã

T = Tarde.

SFS = Supervisão de final de semana.

FS = Plantão de final de semana.

ME = Manhã enfermeiros.

TE = Tarde enfermeiros.

NA = Noite A. .

NB = Noite B.

SNA = Supervisão noite A.

SNB = Supervisão noite B.

F = Folga de escala.

FF = Folga de feriado.

ANEXO A – RESOLUÇÃO COFEN-543/2017

Atualiza e estabelece parâmetros para o Dimensionamento do Quadro de Profissionais de Enfermagem nos serviços/locais em que são realizadas atividades de enfermagem.

O Conselho Federal de Enfermagem – Cofen, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 5.905, de 12 de julho de 1973, e pelo Regimento da Autarquia, aprovado pela Resolução Cofen nº 421, de 15 de fevereiro de 2012, e

Considerando a prerrogativa estabelecida ao Cofen no artigo 8º, incisos IV, V e XIII, da Lei nº 5.905/73, de baixar provimentos e expedir instruções, para uniformidade de procedimento e bom funcionamento dos Conselhos Regionais, dirimir as dúvidas suscitadas pelos Conselhos Regionais e exercer as demais atribuições que lhe são conferidas por lei;

Considerando que o artigo 15, inciso II, III, IV, VIII e XIV, da Lei nº 5.905/73, dispõe que compete aos Conselhos Regionais de Enfermagem: disciplinar e fiscalizar o exercício profissional, observadas as diretrizes gerais do Conselho; fazer executar as instruções e provimentos do Conselho Federal; manter o registro dos profissionais com exercício na respectiva jurisdição; conhecer e decidir os assuntos atinentes à ética profissional impondo as penalidades cabíveis; e exercer as demais atribuições que lhes forem conferidas por esta Lei ou pelo Conselho Federal;

Considerando a Lei nº 7.498, de 25 de junho de 1986, e o Decreto nº 94.406, de 08 de junho de 1987, que regulamentam o exercício da Enfermagem no país;

Considerando o Código de Ética dos Profissionais de Enfermagem;

Considerando a Resolução Cofen nº 358, de 15 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Sistematização da Assistência de Enfermagem e a implementação do Processo de Enfermagem em ambientes públicos, privados e filantrópicos, e dá outras providências;

Considerando o Regimento Interno da Autarquia aprovado pela Resolução Cofen nº 421/2012;

Considerando Resolução Cofen nº 429, de 30 de maio de 2012, que dispõe sobre o registro das ações profissionais no prontuário do paciente e em outros documentos próprios da enfermagem, independente do meio de suporte – tradicional ou eletrônico;

Considerando as recomendações do relatório das atividades realizadas pelo Grupo de Trabalho – GT do Coren-SP, indicadas no Processo Administrativo Cofen nº 0562/2015;

Considerando as pesquisas que validaram as horas de assistência de enfermagem preconizadas na Resolução COFEN nº 293/2004 e aquelas que apontam novos parâmetros para áreas específicas;

Considerando os avanços tecnológicos e as necessidades requeridas pelos gestores, gerentes das instituições de saúde, dos profissionais de enfermagem e da fiscalização dos Conselhos Regionais, para revisão e atualização de parâmetros que subsidiem o planejamento, controle, regulação e avaliação das atividades assistenciais de enfermagem;

Considerando que o quantitativo e o qualitativo de profissionais de enfermagem interferem, diretamente, na segurança e na qualidade da assistência ao paciente;

Considerando que compete ao enfermeiro estabelecer o quadro quantitativo de profissionais necessário para a prestação da Assistência de Enfermagem;

Considerando a necessidade de atingir o padrão de excelência do cuidado de enfermagem e favorecer a segurança do paciente, do profissional e da instituição de saúde;

Considerando as sugestões e recomendações emanadas da Consulta Pública no período de 09/07/2016 à 16/09/2016 no site do Conselho Federal de Enfermagem;

Considerando as deliberações do Plenário do Cofen em sua 481ª Reunião Ordinária, ocorrida em 27 de setembro de 2016, na cidade do Rio de Janeiro;

Considerando tudo o que mais consta do PAD Cofen nº 562/2015;

Resolve:

Art. 1º Estabelecer, na forma desta Resolução e de seus anexos I e II (que poderão ser consultados no endereço eletrônico: www.cofen.gov.br), os parâmetros mínimos para dimensionar o quantitativo de profissionais das diferentes categorias de enfermagem para os serviços/locais em que são realizadas atividades de enfermagem.

Parágrafo único – Os referidos parâmetros representam normas técnicas mínimas, constituindo-se em referências para orientar os gestores, gerentes e enfermeiros dos serviços de saúde, no planejamento do quantitativo de profissionais necessários para execução das ações de enfermagem.

Art. 2º O dimensionamento do quadro de profissionais de enfermagem deve basear-se em características relativas:

I – ao serviço de saúde: missão, visão, porte, política de pessoal, recursos materiais e financeiros; estrutura organizacional e física; tipos de serviços e/ou programas; tecnologia e complexidade dos serviços e/ou programas; atribuições e competências, específicas e colaborativas, dos integrantes dos diferentes serviços e programas e requisitos mínimos estabelecidos pelo Ministério da Saúde;

II – ao serviço de enfermagem: aspectos técnico-científicos e administrativos: dinâmica de funcionamento das unidades nos diferentes turnos; modelo gerencial; modelo assistencial; métodos de trabalho; jornada de trabalho; carga horária semanal; padrões de desempenho dos profissionais; índice de segurança técnica (IST); proporção de profissionais de enfermagem de nível superior e de nível médio e indicadores de qualidade gerencial e assistencial;

III – ao paciente: grau de dependência em relação a equipe de enfermagem (sistema de classificação de pacientes – SCP) e realidade sociocultural.

Art. 3º O referencial mínimo para o quadro de profissionais de enfermagem, para as 24 horas de cada unidade de internação (UI), considera o SCP, as horas de assistência de enfermagem, a distribuição percentual do total de profissionais de enfermagem e a proporção profissional/paciente. Para efeito de cálculo, devem ser consideradas:

I – como horas de enfermagem, por paciente, nas 24 horas:

- 1) 4 horas de enfermagem, por paciente, no cuidado mínimo;
- 2) 6 horas de enfermagem, por paciente, no cuidado intermediário;
- 3) 10 horas de enfermagem, por paciente, no cuidado de alta dependência (2);
- 4) 10 horas de enfermagem, por paciente, no cuidado semi-intensivo;
- 5) 18 horas de enfermagem, por paciente, no cuidado intensivo.

II – A distribuição percentual do total de profissionais de enfermagem, deve observar:

a) O SCP e as seguintes proporções mínimas:

- 1) Para cuidado mínimo e intermediário: 33% são enfermeiros (mínimo de seis) e os demais auxiliares e/ou técnicos de enfermagem;
- 2) Para cuidado de alta dependência: 36% são enfermeiros e os demais técnicos e/ou auxiliares de enfermagem;
- 3) Para cuidado semi-intensivo: 42% são enfermeiros e os demais técnicos de enfermagem;
- 4) Para cuidado intensivo: 52% são enfermeiros e os demais técnicos de enfermagem.

III – Para efeito de cálculo devem ser consideradas: o SCP e a proporção profissional/paciente nos diferentes turnos de trabalho respeitando os percentuais descritos na letra “a” do item II:

- 1) cuidado mínimo: 1 profissional de enfermagem para 6 pacientes;
- 2) cuidado intermediário: 1 profissional de enfermagem para 4 pacientes;
- 3) cuidado de alta dependência: 1 profissional de enfermagem para 2,4;
- 4) cuidado semi-intensivo: 1 profissional de enfermagem para 2,4;
- 5) cuidado intensivo: 1 profissional de enfermagem para 1,33.

§ 1º A distribuição de profissionais por categoria referido no inciso II, deverá seguir o grupo de pacientes que apresentar a maior carga de trabalho.

§ 2º Cabe ao enfermeiro o registro diário da classificação dos pacientes segundo o SCP, para subsidiar a composição do quadro de enfermagem para as unidades de internação.

§ 3º Para alojamento conjunto, o binômio mãe/filho deve ser classificado, no mínimo, como cuidado intermediário (3)

§ 4º Para berçário e unidade de internação em pediatria todo recém-nascido e criança menor de 6 anos deve ser classificado, no mínimo, como cuidado intermediário, independente da presença do acompanhante.

§ 5º Os pacientes de categoria de cuidados intensivos deverão ser internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) com infraestrutura e recursos tecnológicos e humanos adequados.

§ 6º Os pacientes classificados como de cuidado semi-intensivo deverão ser internados em unidades que disponham de recursos humanos e tecnologias adequadas.

Art. 4º Para assistir pacientes de saúde mental, considerar (4):

a) Como horas de enfermagem (4):

- 1) CAPS I – 0,5 horas por paciente (8 horas/dia);
- 2) CAPS II (CAPS Adulto e CAPS Álcool e Drogas) – 1,2 horas por paciente (8 horas/dia);
- 3) CAPS Infantil e Adolescente – 1,0 hora por paciente (8 horas/dia);

- 4) CAPS III (Adulto e CAPS Álcool e Drogas) – 10 horas por paciente, ou utilizar SCP, (24 horas);
- 5) UTI Psiquiátrica – aplicar o mesmo método da UTI convencional – 18 horas por paciente, ou utilizar SCP (24 horas);
- 6) Observação de paciente em Pronto Socorro Psiquiátrico e Enfermaria Psiquiátrica – 10 horas por paciente, ou utilizar SCP (24 horas);
- 7) Lar Abrigado/Serviço de Residência Terapêutica – deve ser acompanhado pelos CAPS ou ambulatorios especializados em saúde mental, ou ainda, equipe de saúde da família (com apoio matricial em saúde mental).

b) Como proporção profissional/paciente, nos diferentes turnos de trabalho, respeitando os percentuais descritos na letra “a” do item II:

- 1) CAPS I – 1 profissional para cada 16 pacientes;
- 2) CAPS II 9 (Adulto e CAPS Álcool e Drogas) – 1 profissional para cada 6,6;
- 3) CAPS Infantil e Adolescente – 1 profissional para cada 8 pacientes;
- 4) CAPS III (Adulto e CAPS Álcool e Drogas) -1 profissional para cada 2,4;
- 5) UTI Psiquiátrica – 1 profissional para cada 1,33 pacientes;
- 6) Observação de paciente em Pronto Socorro Psiquiátrico e Enfermaria Psiquiátrica – 1 profissional para cada 2,4.

c) A distribuição percentual do total de profissionais de enfermagem deve observar as seguintes proporções mínimas (4):

- 1) CAPS I – 50% de enfermeiros e os demais técnicos e/ou auxiliares de enfermagem;
- 2) CAPS II (Adulto e CAPS Álcool e Drogas) – 50% de enfermeiros e os demais técnicos e/ou auxiliares de enfermagem;
- 3) CAPS Infantil e Adolescente – 50% de enfermeiros e os demais técnicos e/ou auxiliares de enfermagem;
- 4) CAPS III (Adulto e CAPS Álcool e Drogas) – 50% de enfermeiros e os demais técnicos de enfermagem, ou percentual relativo a maior carga de trabalho obtida do SCP;
- 5) UTI Psiquiátrica – 52% de enfermeiros e os demais técnicos de enfermagem, ou percentual relativo a maior carga de trabalho obtida do SCP;
- 6) Observação de pacientes em Pronto Socorro Psiquiátrico e Enfermaria Psiquiátrica – 42% de enfermeiros e os demais técnicos e/ou auxiliares de enfermagem, ou percentual relativo a maior carga de trabalho obtida do SCP.

Nota: Nas alíneas 4, 5 e 6 quando adotado o SCP o percentual de enfermeiros deverá seguir o disposto no Art. 3º, item III, § 1º.

Art. 5º Para Centro de Diagnóstico por Imagem (CDI), as horas de assistência de enfermagem por paciente em cada setor, deverá considerar o tempo médio da assistência identificado no estudo de Cruz (5):

SETORES	TOTAL DE HORAS ENFERMEIRO	TOTAL DE HORAS TEC. ENF.	TOTAL DE HORAS POR EXAMES
Mamografia (*)	0	0,3	0,3
Medicina Nuclear	0,3	0,7	1,0
Rx Convencional (*)	0	1,0	1,0
Tomografia	0,1	0,4	0,5
Ultrassonografia	0,1	0,3	0,4
Intervenção Vascul ar	2,0	5,0	7,0
Ressonância Magnética	0,2	0,8	1,0

(*) Nos setores de Mamografia e Rx Convencional a participação do enfermeiro se faz indispensável em situações pontuais de supervisão da assistência de enfermagem, urgência e emergência.

Nota:

- 1) O cálculo do THE das diferentes categorias profissionais deverá ser realizado separadamente, uma vez que os tempos de participação são distintos.
- 2) O Serviço de Diagnóstico por Imagem deverá garantir a presença de no mínimo um enfermeiro durante todo período em que ocorra assistência de enfermagem.

Art. 6º O referencial mínimo para o quadro dos profissionais de enfermagem em Centro Cirúrgico (CC) considera a Classificação da Cirurgia, as horas de assistência segundo o porte cirúrgico, o tempo de limpeza das salas e o tempo de espera das cirurgias, conforme indicado no estudo de Possari (6,7). Para efeito de cálculo devem ser considerados:

I – Como horas de enfermagem, por cirurgia no período eletivo:

- 1) 1,4 horas de enfermagem, por cirurgia de Porte 1;
- 2) 2,9 horas de enfermagem, por cirurgia de Porte 2;
- 3) 4,9 horas de enfermagem, por cirurgia de Porte 3;
- 4) 8,4 horas de enfermagem, por cirurgia de Porte 4.

II – Para cirurgias de urgência/emergência, e outras demandas do bloco cirúrgico (transporte do paciente, arsenal/farmácia, RPA entre outros), utilizar o Espelho Semanal Padrão.

III – Como tempo de limpeza, por cirurgia:

- 1) Cirurgias eletivas – 0,5 horas;
- 2) Cirurgias de urgência e emergência – 0,6 horas.

IV – Como tempo de espera, por cirurgia:

- 1) 0,2 horas por cirurgia.

V – Como proporção profissional/categoria, nas 24 horas:

- a) Relação de 1 enfermeiro para cada três salas cirúrgicas (eletivas);
- b) Enfermeiro exclusivo nas salas de cirurgias eletivas e de urgência/emergência de acordo com o grau de complexidade e porte cirúrgico;

- c) Relação de 1 profissional técnico/auxiliar de enfermagem para cada sala como circulante (de acordo com o porte cirúrgico);
- d) Relação de 1 profissional técnico/auxiliar de enfermagem para a instrumentação (de acordo com o porte cirúrgico).

Art. 7º A Carga de trabalho dos profissionais de enfermagem para a unidade Central de Materiais e Esterilização (CME), deve fundamentar-se na produção da unidade, multiplicada pelo tempo padrão das atividades realizadas, nas diferentes áreas, conforme indicado no estudo de Costa(8):

ÁREA	DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES	TEMPO PADRÃO	
		Minuto	Hora
Suja ou contaminada (expurgo)	Recepção e recolhimento dos materiais contaminados *	2	0,033
	Limpeza dos materiais *	2	0,033
Controle de materiais em consignação	Recepção dos materiais em consignação *	6	0,1
	Conferência dos Materiais Consignados após cirurgia *	9	0,15
	Devolução dos materiais em consignação *	3	0,05
Preparo de materiais	Secagem e distribuição dos materiais após limpeza *	3	0,05
	Inspeção, teste, separação e secagem dos materiais *	3	0,05
	Montagem e embalagem dos materiais *	3	0,05
	Montagem dos materiais de assistência ventilatória *	2	0,033
Esterilização de materiais	Montagem da carga de esterilização **	8	0,133
	Retirada da carga estéril e verificação da esterilização **	3	0,05
Armazenamento e distribuição de materiais	Guarda dos Materiais **	4	0,066
	Montagem dos carros de transporte das unidades ***	5	0,083
	Organização e controle do ambiente e materiais estéreis *	1	0,016
	Distribuição dos materiais e roupas estéreis *	2	0,033

OBS.:

Indicadores de Produção de cada posição de trabalho:

(*) Quantidade de kits recebidos, processados, conferidos e devolvidos;

(**) Quantidade de cargas/ciclos realizados;

(***) Quantidade de carros montados.

1) A tabela acima se refere aos procedimentos executados pelo técnico/auxiliar de enfermagem, portanto, o quantitativo total refere-se a estes profissionais.

2) Para o cálculo do quantitativo de enfermeiros utiliza-se o espelho semanal padrão, adequando-se à necessidade do serviço, respeitando-se o mínimo de um enfermeiro em todos os turnos de funcionamento do setor, além do enfermeiro responsável pela unidade.

Art. 8º Nas Unidades de Hemodiálise convencional, considerando os estudos de Lima(9), o referencial mínimo para o quadro de profissionais de enfermagem, por turno, de acordo com os tempos médios do preparo do material, instalação e desinstalação do procedimento, monitorização da sessão, desinfecção interna e limpeza das máquinas e mobiliários, recepção e saída do paciente, deverá observar:

- 1) 4 horas de cuidado de enfermagem/paciente/turno;
- 2) 1 profissional para 2 pacientes;
- 3) Como proporção mínima de profissional/paciente/turno, 33% dos profissionais devem ser enfermeiros e 67% técnicos de enfermagem;
- 4) O quantitativo de profissionais de enfermagem para as intervenções de Diálise Peritoneal Ambulatorial Continua – CAPD, deverão ser calculadas com aplicação do Espelho Semanal Padrão.

Art. 9º Para a Atenção Básica, considerar o modelo, intervenções e parâmetros do estudo de Bonfim (10) – (anexo II). Conforme os dados de produção de cada unidade ou do município, ou ser extraídos no site do Departamento de Atenção Básica do Ministério da Saúde.

Nota:

O TTD para ausências por feriado, férias, licença saúde e ausência em razão de outras licenças, deverá ser obtido pela média anual.

Art. 10 Ao quantitativo de profissionais estabelecido deverá ser acrescido o índice de segurança técnica (IST) de no mínimo 15% do total, dos quais 8,3% são referentes a férias e 6,7% a ausências não previstas.

Art. 11 Para o serviço em que a referência não pode ser associada ao leito-dia, a unidade de medida será o sítio funcional (SF), devendo ser considerado as variáveis: intervenção/atividade desenvolvida com demanda ou fluxo de atendimento, área operacional ou local da atividade e jornada diária de trabalho.

Art. 12 Para efeito de cálculo deverá ser observada a cláusula contratual quanto à carga horária semanal (CHS).

Art. 13 O responsável técnico de enfermagem deve dispor de no mínimo 5% do quadro geral de profissionais de enfermagem da instituição para cobertura de situações relacionadas à rotatividade de pessoal e participação em programas de educação permanente.

Parágrafo único – O quantitativo de enfermeiros para o exercício de atividades gerenciais, educacionais, pesquisa e comissões permanentes, deverá ser dimensionado, à parte, de acordo com a estrutura do serviço de saúde.

Art. 14 O quadro de profissionais de enfermagem de unidades assistenciais, composto por 50% ou mais de pessoas com idade superior a 50 (cinquenta) anos ou 20% ou mais de profissionais com limitação/restrrição para o exercício das atividades, deve ser acrescido 10% ao quadro de profissionais do setor.

Art. 15 O disposto nesta Resolução aplica-se a todos os serviços/locais em que são realizadas atividades de enfermagem.

Art. 16 Esta Resolução entra em vigor 60 (sessenta) dias após sua publicação, revogando as disposições em contrário, em especial as Resoluções Cofen nº 293 de 21 de setembro de 2004 e a nº 527 de 03 de novembro de 2016.

