

Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Morris Charts

Line Chart



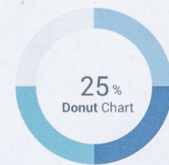
Area Chart



Bar Chart

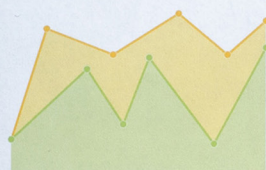


Donut Chart

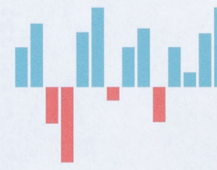


Sparkline Charts

Line Chart



Bar Chart



Pie Chart



Easy Pie Charts



Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar

Ernane Rosa Martins

(Organizador)

Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P474	Pesquisa operacional e sua atuação multidisciplinar [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-478-8 DOI 10.22533/at.ed.788191107 1. Pesquisa operacional. I. Martins, Ernane Rosa. CDD 658.51
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) utiliza a matemática, a estatística e a computação para auxiliar na solução de problemas reais, com foco na tomada das melhores decisões nas mais diversas áreas científicas e de atuação humana, buscando otimizar e melhorar suas performances. Através do uso de técnicas de modelagem matemática e eficientes algoritmos computacionais, a PO vem cada vez mais atuando na análise dos mais variados aspectos e situações de problemas complexos em demandas de inúmeras áreas, principalmente por conta de sua flexibilidade de aplicação e interação multidisciplinar, permitindo a tomada de decisões efetivas e a construção de sistemas mais produtivos.

Esta obra reúne importantes trabalhos que envolvem o uso de PO, realizados em diversas instituições de ensino do Brasil, abordando assuntos atuais e relevantes, tais como: modelos matemáticos; otimização multiobjectivo; heurísticas; algoritmos; otimização geométrica; metodologia SODA; soft systems methodology; strategic choice approach; procedimentos metodológicos de análise estatística; jogos cooperativos; algoritmos genéticos; método VIKOR; regressão linear múltipla; algoritmos de aprendizado de máquina; análise de decisão multicritério e composição probabilística de preferências.

A importância desta coletânea está na excelência dos trabalhos apresentados e na contribuição dos seus autores em temas de experiências e vivências. A socialização destes estudos no meio acadêmico, permite ampla análise e inúmeras discussões sobre diversos assuntos pertinentes referentes a atuação multidisciplinar da PO. Por fim, agradeço a todos que contribuíram na construção desta belíssima obra e desejo a todos os leitores, boas reflexões sobre os assuntos abordados.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UMA ABORDAGEM MULTIOBJETIVO EM UM PROBLEMA DE PRODUÇÃO COM ESTOQUE INTERMEDIÁRIO E TESTE DE FUNCIONALIDADE	
Sander Joner Neida Maria Patias Volpi Joyce Rodrigues da Silva Tulipa Gabriela Guilhermina Juvenal da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911071	
CAPÍTULO 2	16
SOLUÇÕES INTEIRAS PARA O PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE UNIDIMENSIONAL	
Gonçalo Renildo Lima Cerqueira Sérgio da Silva Aguiar Marlos Marques	
DOI 10.22533/at.ed.7881911072	
CAPÍTULO 3	28
OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS CARGUEIRAS VIA ECOLOCALIZAÇÃO	
Guilherme Aparecido Barbosa Pereira Ivo Chaves da Silva Júnior Luiz Rogério Andrade de Oliveira Carlos Henrique Sant'Ana da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911073	
CAPÍTULO 4	41
O CASO DA INDÚSTRIA CRIATIVA DO CARNAVAL SOB O ENFOQUE DO SODA	
Ailson Renan Santos Picanço Adjame Alexandre Oliveira Mischel C.N. Belderrain Nissia Carvalho Rosa Bergiante	
DOI 10.22533/at.ed.7881911074	
CAPÍTULO 5	55
MODELO DE NEGÓCIO EM UMA COMUNIDADE AGRÍCOLA: APLICAÇÃO DE <i>SOFT SYSTEMS METHODOLOGY</i> E <i>STRATEGIC CHOICE APPROACH</i>	
Michelle Carvalho Galvão Silva Pinto Bandeira Raquel Issa Mattos Mischel Carmen Neyra Belderrain Anderson Ribeiro Correia John Bernhard Kleba	
DOI 10.22533/at.ed.7881911075	
CAPÍTULO 6	72
MODELAGEM MATEMÁTICA PARA GERAÇÃO DE ESCALAS DE TURNO	
Laiz de Carvalho Nogueira Tiago Araújo Neves	
DOI 10.22533/at.ed.7881911076	

CAPÍTULO 7	87
METODOLOGIA ADOTADA PELA ARCELORMITTAL BRASIL PARA CERTIFICAÇÃO DE PADRÕES SECUNDÁRIOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS EM AMOSTRAS DE MINÉRIO DE FERRO DA MINA DE SERRA AZUL EM MINAS GERAIS	
Antonio Fernando Pêgo e Silva Juliana Cecília C R Vieira Luiz Paulo de Carvalho Serrano	
DOI 10.22533/at.ed.7881911077	
CAPÍTULO 8	100
JOGOS COOPERATIVOS NA ALOCAÇÃO DE CUSTOS DE ESTOQUES DE PEÇAS COMPARTILHADOS	
Bernardo Santos Aflalo Natália Nogueira Ferreira Souza Takashi Yoneyama	
DOI 10.22533/at.ed.7881911078	
CAPÍTULO 9	112
BIASED RANDOM-KEY GENETIC ALGORITHM ACCORDING TO LEVY DISTRIBUTION FOR GLOBAL OPTIMIZATION	
Mariana Alves Moura Ricardo Martins de Abreu Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911079	
CAPÍTULO 10	126
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA QUALIDADE DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL	
Alini da Silva Nelson Hein Adriana Kroenke	
DOI 10.22533/at.ed.78819110710	
CAPÍTULO 11	142
AVALIAÇÃO DE MODELOS COMPUTACIONAIS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA DETECÇÃO REATIVA E PREVENTIVA DE BOTNETS	
Vinicius Oliveira de Souza Sidney Cunha de Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.78819110711	
CAPÍTULO 12	158
AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS ESTATÍSTICOS NA DETECÇÃO DE ATAQUES DDOS BASEADA EM APRENDIZADO DE MÁQUINA	
Eduardo da Costa da Silva Sidney Cunha de Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.78819110712	

CAPÍTULO 13	173
ABORDAGEM PROBABILÍSTICA À ESCOLHA DE PRODUTOS DE DEFESA: UMA APLICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS NA AQUISIÇÃO DE BLINDADOS	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
DOI 10.22533/at.ed.78819110713	
CAPÍTULO 14	189
A STOCHASTIC DYNAMIC MODEL FOR SUPPORT OF THE MANAGEMENT OF NEW PRODUCT DEVELOPMENT PORTFOLIOS	
Samuel Martins Drei	
Thiago Augusto de Oliveira Silva	
Marco Antonio Bonelli Júnior	
Luciana Paula Reis	
Matheus Correia Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.78819110714	
CAPÍTULO 15	205
A RELAXED FLOW-BASED FORMULATION FOR THE OPEN CAPACITATED ARC ROUTING PROBLEM	
Rafael Kendy Arakaki	
Fábio Luiz Usberti	
DOI 10.22533/at.ed.78819110715	
CAPÍTULO 16	217
A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS COM MEDIDAS DE DESIGUALDADE: CORRELAÇÕES COM OS PONTOS DE VISTA PROGRESSISTA E CONSERVADOR	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
DOI 10.22533/at.ed.78819110716	
SOBRE O ORGANIZADOR	233

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA GERAÇÃO DE ESCALAS DE TURNO

Laiz de Carvalho Nogueira

Universidade Federal Fluminense – Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda

Volta Redonda - RJ

Tiago Araújo Neves

Universidade Federal Fluminense – Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda

Volta Redonda - RJ

RESUMO: As escalas de turno impactam na quantidade de mão de obra; no Brasil, é comum que estas escalas sejam feitas manualmente. Este trabalho desenvolve um modelo matemático para gerar escalas de turno de acordo com as leis trabalhistas brasileiras, o executa através do software CPLEX 12.6, utilizando e avalia as soluções.

PALAVRAS-CHAVE: Escalas de turno, modelo matemático, leis trabalhistas brasileiras.

ABSTRACT: The shift scales impact on manpower supply; in Brazil, making this scales by hand is common. This paper develops a mathematical model to timetable generation, according. This paper develops a mathematical model to timetable generation, according to brazilian labor legislation, runs the model using CPLEX 12.6 software and therefore, evaluates

the solutions.

KEYWORDS: timetable, mathematical model, brazilian labor legislation.

1 | INTRODUÇÃO

Em muitas instituições brasileiras, é comum encontrar um ou mais responsáveis por elaborar manualmente quadro de horários e escalas de trabalho de pessoal. Não é comum encontrar uma adequada gestão do conhecimento para difusão desta prática, o que faz com que o conhecimento fique retido em grupos que trabalham com as escalas de turno; além disso, montá-las manualmente não garante que sejam ótimas. Utilizar métodos matemáticos permite avaliar melhor a alocação de mão de obra, o que impacta diretamente na produtividade e nos custos.

[Van den Bergh *et al* 2013, p.367] afirmam que o estudo do escalonamento de mão de obra ganhou atenção por impactar os custos diretos de empresas. [Defraeye e Van Nieuwenhuyse 2016, p.4] dizem que para o setor de serviços, a programação de pessoal determina os custos e a qualidade dos serviços prestados. De acordo com [Burke e Curtois 2014, p. 71], o uso de recursos computacionais para resolver este tipo de problema reduz custos e gera melhores

escalas de trabalho. Eiselt e Marianov [2008, p. 513-514] comentam que as escalas de turno afetam diretamente a satisfação do empregado, a qual, segundo os mesmos, pode aumentar ou diminuir o absenteísmo, e ainda apresentam que, na época, havia um custo entre quatrocentos e setecentos dólares para cada falta em empresas de cem a duzentos e quarenta e nove empregados, o que em grande escala têm um alto preço. Uma escala de turno, gerada através da solução de um modelo matemático, pode servir de parâmetro no auxílio de tomada de decisão para melhor alocação da mão de obra; pode também ser utilizada, se abranger todas as necessidades para aplicação prática.

Existem na literatura trabalhos para alocar pessoal conforme as leis brasileiras – como [Gómez e Poltosi 2008], [Boaventura, Pinto e Yamanaka 2013] e [Santos 2016] – e os mesmos focam em alocar indivíduos em horários pré-definidos. Este trabalho se propõe a construir as combinações de horários, ao invés de encaixar pessoas em horários pré-estabelecidos. Este aspecto do problema, de acordo com o conhecimento dos autores, ainda não foi abordado na literatura tendo como parâmetro as leis brasileiras.

2 | O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE PESSOAL

[Ernst *et al* 2004, p.3, tradução livre] afirmam que a programação de pessoal “é o processo de construção de escalas de trabalho para os funcionários, de modo que uma organização possa satisfazer a demanda por seus bens ou serviços”. [Valdes 2010, p.9, tradução livre] diz que o problema tenta encontrar um conjunto de turnos ou tarefas a um mínimo custo, que satisfaçam os serviços demandados.

De acordo com [Ernst *et al* 2004, p.18], em programação matemática, estes problemas são comumente formulados como problemas de programação linear inteira. Na mesma linha, [Granfeldt 2015, p.5, tradução livre], afirma que “a forma mais comum de se modelar um problema de programação de força de trabalho em turnos rotativos, e provavelmente a primeira idéia que vem à mente, é através de um modelo de programação linear inteira”.

[Blöchligher 2004] propõe uma modelagem genérica para problema de programação de pessoal, mostrada em (1) até (8).

$$\text{Min } F(X) = C(X) + \gamma_{fair}C_{fair} + \gamma_{soft}C_{soft} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{b \in B^*} x_{sb} \leq 1, \forall B^*, \forall s \quad (2)$$

$$f_c(X) < m_c, \forall c \quad (3)$$

$$\sum_{b' \in T_b} x_{sb'} \geq x_{sb}, \forall b, \forall s \quad (4)$$

$$\sum_{s \in I} x_{sb} \leq 1, \forall I, \forall b \quad (5)$$

$$\sum_{s \in S_j, b \in B_j} x_{sb} \leq n_j^{max}, \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{s \in S_j, b \in B_j} x_{sb} \geq n_j^{min}, \forall j \quad (7)$$

$$x_{sb} \in \{0,1\} \quad (8)$$

Onde:

- x_{sb} é a atribuição do item s no intervalo de tempo b (por exemplo, um funcionário em um turno). x_{sb} assume o valor de 1 se o item s for atribuído a “ b ”, e 0 caso contrário.
- X é a solução, constituída pelo conjunto de valores de x_{sb}
- C é o custo dos itens nos turnos
- C_{soft} é a soma das penalidades por violar as restrições fracas
- γ_{soft} é o peso da penalização das restrições fracas
- C_{fair} é a soma das medidas de injustiça (diferenças entre as escalas, de forma que um empregado fique pior que outro devido ao seu horário)
- γ_{fair} é o peso das medidas de injustiça
- b é um período no tempo no qual um item pode ser programado (um turno, na maioria dos casos)
- s é um item (por exemplo um funcionário)
- B^* é um conjunto de turnos
- c é uma restrição fraca
- m_c é o valor limite de c
- f_c é a penalidade de c
- T_b é o conjunto de possíveis turnos que podem seguir o turno b (para restringir horários, por exemplo, após um turno, pode haver um mínimo de horas de descanso antes do próximo, o que retira deste conjunto os turnos que englobam tais horas)
- I é um conjunto de itens incompatíveis (por exemplo, dois funcionários que por alguma razão não podem trabalhar ao mesmo tempo)

- j é uma tarefa
- S_j é o conjunto de itens que podem executar a tarefa j
- B_j é o conjunto de turnos nos quais j pode ser executada
- n_j^{min} é o número mínimo de itens para execução de j
- n_j^{max} é o número máximo de itens para execução de j

A função objetivo é para minimizar os custos, injustiças e violações das restrições fracas. Os valores do custo dependem da situação; pode ser o efetivo total, como no primeiro modelo apresentado. As injustiças são diferenças entre os horários, quantidades de folgas e outras condições similares. As restrições fracas podem ser, por exemplo, relacionadas ao bem estar do trabalhador, como conter uma folga de final de semana em um determinado período; é bom que sejam cumpridas, porém seu descumprimento não inviabiliza uma solução. Os coeficientes são pesos a atribuir de acordo com a importância necessária para o caso.

As restrições (2) garantem que um recurso (um colaborador, por exemplo) só é alocado em um turno de cada vez. O conjunto de restrições (3) garante que a violação das restrições fracas ficará abaixo de um limite pré-estabelecido. (4) garantem que o turno alocado está dentro do intervalo T_b de possíveis turnos – neste caso, [Blöchliger 2004] propõe que a restrição deste tipo de horários esteja na definição do conjunto. (5) garantem que recursos incompatíveis não serão alocados no mesmo turno. As restrições (6) e (7) garantem que a demanda esteja dentro de um intervalo desejável. (8) definem o tipo das variáveis x_{sb} .

[Brucker, Qu e Burke 2011] modelam o programa com (9), (10), (11) e (12):

$$\text{Min } \sum_{e \in E} \sum_{\pi \in P_e} c_{e\pi} x_{e\pi} \quad (9)$$

Sujeito a:

$$\sum_{\pi \in P_e} x_{e\pi} \leq 1, \quad e \in E \quad (10)$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{\pi \in P_e} \pi(j, t) x_{e\pi} \geq D_j(t), \quad \forall (j, t) \quad (11)$$

$$x_{e\pi} \in \{0, 1\}, \quad \forall e \in E, \forall \pi \in P_e \quad (12)$$

Onde:

- e representa um empregado.
- $\pi = \pi(j, t)$ assume o valor 1 se o empregado realiza a tarefa j no período de tempo t e 0, caso contrário. Os autores o chamaram de vetor binário de representação de padrões de trabalho.
- $x_{e\pi}$ assume 1 se o padrão π é associado ao empregado e , 0 caso contrário.

- $c_{e\pi}$ são os custos de se associar o padrão de trabalho π ao empregado e .
- D_j é a demanda de empregados para realizar a tarefa j .
- E é um conjunto de n empregados.
- P_e é o conjunto de padrões de trabalho viáveis para o empregado E .

A função objetivo (9) minimiza os custos; (10) garantem que um empregado só é alocado a um padrão de trabalho de cada vez, e (11) garantem o atendimento da demanda. (12) mostra que a variável de decisão utilizada é binária.

Para a solução, antes de avaliar os possíveis métodos, é útil considerar a observação de [Smet *et al* 2016], que afirmam que poucos autores estudaram a fundo a complexidade do problema, a qual pode ser decisiva na escolha de métodos de solução. Os autores concluíram que limitar a quantidade de dias consecutivos trabalhados torna o problema np-difícil.

Segundo [Jourdan, Basseur e Talbi 2009, p. 620], duas abordagens são utilizadas para resolver problemas np-difíceis: para pequenas instâncias, métodos exatos; heurísticas e metaheurísticas para grandes instâncias ou problemas muito difíceis.

[Van den Bergh *et al* 2013, p.377] apresenta uma tabela mostrando as técnicas de solução utilizadas por 255 fontes. Dentre elas, mesmo que apenas para obtenção de soluções iniciais, 150 trabalhos utilizaram programação matemática, sendo que a maioria, 60, utilizou programação inteira mista (nem todas as variáveis assumem valores inteiros); outros 45 utilizaram programação inteira. Dado isto, para o presente trabalho, decidiu-se resolver o problema através do método exato iniciando em pequenas instâncias.

3 | MODELAGEM DO PROBLEMA

O problema apresentado é um caso de programação de pessoal, em acordo com a CLT – Consolidação das Leis do Trabalho – brasileira. A idéia é, dado um intervalo de tempo a ser coberto com trabalho, obter quadros de horários adequados que minimizem o efetivo. Não se deseja considerar horas extras e demais flexibilizações, pois estas não devem ser consideradas no momento de montar a escala.

Para a modelagem, foram definidos os seguintes parâmetros e variáveis:

- d : dia.
- D : conjunto de dias.
- j : horário;
- H : conjunto de horários j por exemplo, para vinte e quatro horas em sete dias, $H=\{1,2,3,..168\}$
- k : equipe

- M : conjunto de equipes
- x_{kj} : 1 se a equipe k trabalha no horário j ; 0 caso contrário
- y_k : 1 se a equipe k é alocada para trabalho, 0 caso contrário
- $folga_{kd}$: 1 se a equipe k tem folga no dia d , 0 caso contrário
- ref_{kj} : 1 se a equipe k está em refeição no horário j , 0 caso contrário
- hi_{kd} : hora de início de trabalho da equipe k , no dia d
- hf_{kd} : última hora de trabalho da equipe k , no dia d

Para a função objetivo, o interesse é minimizar a quantidade de equipes, assumindo então a forma apresentada por (13). Existem problemas que consideram diferenças entre as habilidades dos trabalhadores, aspecto que [Blöchliger 2004] sugere tratar na manipulação de conjuntos de itens aptos à executar uma tarefa. Contudo, para este problema, todas as equipes são consideradas iguais; ou seja, possuem a mesma quantidade de indivíduos e todos com a mesma capacidade. É importante destacar também que o número de equipes será um dado de entrada do problema, hipotético, presumindo que seja o máximo possível a se disponibilizar. Com a minimização, apenas as equipes necessárias devem ser alocadas.

$$\text{Min } \sum_{k \in M} y_k \quad (13)$$

As variáveis x_{kj} , ref_{kj} e $folga_{kd}$ só podem assumir valores diferentes de zero se a equipe estiver alocada, o que é modelado pelos conjuntos (14) a (16).

$$x_{kj} \leq y_k, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (14)$$

$$ref_{kj} \leq y_k, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (15)$$

$$folga_{kd} \leq y_k, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (16)$$

Refeição ou folga e trabalho não ocorrem simultaneamente, o que é modelado por (17) e (18).

$$folga_{k[\text{piso}(\frac{j+23}{24})]} \leq 1 - x_{kj}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (17)$$

$$ref_{kj} \leq 1 - x_{kj}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (18)$$

As horas inicial e final precisam estar dentro do horizonte, conforme (19) e (20).

$$hi_{kd} \leq |H| \times y_k, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (19)$$

$$hf_{kd} \leq |H| \times y_k, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (20)$$

Além disso, a hora inicial sempre é menor que a hora final, como em (21).

$$hi_{kd} \leq hf_{kd}, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (21)$$

Para determinar as horas inicial e final, foram utilizadas as restrições (22) e (23), adaptadas de [Bucco, Bornia-Poulsen e Bandeira 2017]. A relação $\text{piso}[(j+23)/24]$ foi utilizada para cálculo do dia no qual se encontra a hora j ; sabendo-se que a primeira hora do primeiro dia é 1, tem-se por exemplo $\text{piso}[(1+23)/24]=1$; para a hora 54, $\text{piso}[(54+23)/24]=3$.

$$hi_{k[\text{piso}(\frac{j+23}{24})]} \leq (|H| + 1) - (|H| + 1 - j) \times x_{kj}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (22)$$

$$hf_{k[\text{piso}(\frac{j+23}{24})]} \geq j \times x_{kj}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (23)$$

Também foram consideradas as regulamentações da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, Decreto Lei nº 5452 de 1º de maio de 1943, com o mínimo de rigidez possível. Por exemplo, é necessária a coincidência de no mínimo uma folga por mês, com o domingo. Porém, como isto é bastante difícil quando se há necessidade de vinte e quatro horas de trabalho, sete dias por semana, é comum as folgas não coincidirem com os domingos, e o trabalhador receber adicionais devido à jornada no dia – a própria lei afirma que “nos serviços que exijam trabalho aos domingos, com exceção quanto aos elencos teatrais, será estabelecida escala de revezamento, mensalmente organizada e constando de quadro sujeito à fiscalização”. Este tipo de limitação, pelo menos para início, era indesejável e foi desconsiderado, podendo ser adicionado se necessário. Esta característica pode ser modelada, por exemplo, pela determinação dos índices de domingos, e criando restrições que obriguem que ao menos um destes seja folga.

As leis trabalhistas também obrigam que, se o turno de trabalho durar sete horas ou mais, deve haver uma refeição, tendo o trabalhador no máximo seis horas consecutivas sem refeição. Foram considerados dois conjuntos de restrições diferentes: (24) modela o máximo de seis horas de trabalho consecutivas, enquanto (25) modela a presença de refeição. Em (25), o intervalo considerado é de oito horas para garantir que houve pelo menos sete horas de trabalho, pois pode acontecer do turno ser de apenas de seis horas de trabalho e, neste caso, não precisar de refeição.

$$\sum_{j'=j-7}^{j'-1} x_{kj'} \leq 6, \forall k \in M, \forall j \in H : j \geq 8 \quad (24)$$

$$\sum_{j'=j-8}^{j'-1} ref_{kj'} + 6 \geq \sum_{j'=j-8}^{j'-1} x_{kj'}, \forall k \in M, \forall j \in H : j \geq 9 \quad (25)$$

As restrições (25) permitem que uma refeição seja alocada para menos horas de trabalho, e após alguns testes notou-se que a solução encontrada apresentava a refeição na primeira ou última hora de um turno pequeno, o que é errado por prolongar um turno desnecessariamente. Em turnos grandes, isso não ocorreu porque o máximo de seis horas consecutivas faz com que a refeição automaticamente seja alocada no meio do turno. Para evitar este prolongamento desnecessário, são utilizadas (26) e (27), garantindo que a hora de refeição fique nos extremos do horário trabalhado. Inicialmente, não foram encontradas restrições lineares para alocar a refeição apenas em turnos de sete ou mais horas, sem limitar os possíveis tamanhos dos turnos, por isso se optou por utilizar (26) e (27).

$$(|H| + 1) - (|H| + 1 - j) \times ref_{kj} \geq hi_{k[\text{piso}(\frac{j+23}{24})]} + y_k, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (26)$$

$$j \times ref_{kj} \leq hf_{k[\text{piso}(\frac{j+23}{24})]} - y_k, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (27)$$

A demanda foi considerada como a cobertura de vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana, para este problema. As horas de refeição são consideradas cobertas pela equipe que está naquele turno, sendo que a mesma se reveza no horário de refeição para manter o posto de trabalho; então, a cobertura de demanda foi modelada como em (28).

$$\sum_{k \in M} x_{kj} + \sum_{k \in M} ref_{kj} \geq 1, \forall j \in H \quad (28)$$

Como as horas de refeição foram incluídas na cobertura de demanda, as mesmas poderiam ser utilizadas para cobrir esta demanda, substituindo horas de trabalho; isto gera a necessidade de limitar o máximo de refeições. Por isto, tem-se também o conjunto de restrições (29), garantindo que para cada equipe haverá no máximo uma por dia de trabalho. Para o modelo utilizado, convencionou-se todos os intervalos iniciando em 1, não em 0, fazendo com que um dia inicie em 1 e termine em 25, hora na qual se inicia o dia seguinte. Por isto, o intervalo para j , é de $[(d \times 24) - 23]$ até $(d \times 24)$. Para o segundo dia, por exemplo, tem-se j variando de $[(2 \times 24) - 23] = 25$ a $(2 \times 24) = 48$.

$$\sum_{j=(d*24)-23}^{j=(d*24)} ref_{kj} \leq 1, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (29)$$

Tendo as horas inicial e final, e sabendo-se que é preciso ter uma refeição a cada seis horas, também é possível modelar a contiguidade das horas trabalhadas, como no conjunto de restrições (30). Como hf_{kd} é a hora de início da última hora trabalhada, se $hf_{kd} - hi_{kd}$ for igual à soma de horas trabalhadas no dia, uma refeição está incluída; se menor, não há refeição.

$$hf_{kd} - hi_{kd} \leq \sum_{j=(d*24)-23}^{j=(d*24)} x_{kj}, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (30)$$

Outra limitação legal é a carga horária média máxima, de quarenta e quatro horas por semana. É permitido que uma ou mais semanas ultrapassem este limite, se outra semana estiver abaixo e a média entre elas for quarenta e quatro. Quanto antes a carga horária excessiva for compensada, melhor. No modelo, essa condição assumiu a forma mostrada pelo conjunto de restrições (31). Em (31), IHI é dividido por 168h/ semana para cálculo do número de semanas. Em (31), IHI é dividido por 168h/semana para cálculo do número de semanas.

$$\frac{\sum_{j \in H} x_{kj}}{|H|/168} \leq 44, \forall k \in M \quad (31)$$

Existe também um máximo de horas de trabalho diárias; consta no artigo 58 do Decreto Lei nº 5452 de 1º de maio de 1943, que este limite é de oito horas. Como hf_{kd} é a hora de início da última hora trabalhada, e não a hora de saída, (32) incluem também uma hora de refeição.

$$hf_{kd} - hi_{kd} \leq 8 \times y_k, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (32)$$

Continuando, conforme a CLT, “entre duas jornadas de trabalho, haverá um período mínimo de 11 (onze) horas consecutivas para descanso”. (DECRETO LEI nº 5452, de 1º de maio de 1943). Isto está determinado por (33), onde $d=1$ não foi considerado porque, naturalmente, não se avaliam os dias anteriores ao horizonte do problema. O produto por y_k garante descanso apenas para equipes alocadas.

$$hi_{kd} - hf_{kd-1} \geq 12 \times y_k, \forall k \in M, \forall d \in D: d > 1 \quad (33)$$

Finalmente, limitar a carga horária semanal não garante a existência de folgas. Existe uma quantidade máxima de dias a se trabalhar por semana, de seis dias

consecutivos. Conforme estabelecido pela CLT, “Será assegurado a todo empregado um descanso semanal de 24 (vinte e quatro) horas consecutivas, o qual, salvo motivo de conveniência pública ou necessidade imperiosa do serviço, deverá coincidir com o domingo, no todo ou em parte”. (DECRETO LEI nº 5452, de 1º de maio de 1943).

Inicialmente, como já citado, a coincidência com os domingos não foi incluída, por ser substituída pelo pagamento de adicionais no dia, na maioria das vezes em que se trabalha vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana. Assim, as folgas foram modeladas através do conjunto de restrições (34).

$$\sum_{d=\text{piso}\left[\frac{j+23}{24}\right]}^{d=\text{piso}\left[\frac{j+23}{24}\right]+6} \text{folga}_{kd} \geq y_k, \forall k \in M, \forall j \in H : j \leq |H| - 167 \quad (34)$$

Não há na legislação uma quantidade máxima de folgas. No modelo, a alocação das mesmas já será limitada pela necessidade de trabalho para cobrir a demanda. Assim, não há problemas em alocar mais folgas que o mínimo.

Finalmente, para especificar que as variáveis x_{kj} , y_k e folga_{kd} são binárias, e hi_{kd} e hf_{kd} , pertencem ao horizonte do problema, utilizam-se as restrições mostradas de (35) a (40).

$$x_{kj} \in \{0,1\}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (35)$$

$$y_k \in \{0,1\}, \forall k \in M \quad (36)$$

$$\text{ref}_{kj} \in \{0,1\}, \forall k \in M, \forall j \in H \quad (37)$$

$$\text{folga}_{kd} \in \{0,1\}, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (38)$$

$$hi_{kd} \in H, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (39)$$

$$hf_{kd} \in H, \forall k \in M, \forall d \in D \quad (40)$$

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo foi implementado através do software CPLEX 12.6, linguagem OPL e configurações padrão, em um computador de processador core i7, Windows 10, 8gb RAM.

Iniciaram-se os testes em oito dias e uma equipe, a menor instância possível, e foram crescendo até trinta dias e dez equipes. Até três equipes, não havia solução viável; mesmo assim, os tempos foram coletados, pensando-se em um eventual estudo futuro do desempenho. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados. Para efeito de avaliação da eficiência do modelo na geração de escalas de turno, o tempo coletado

foi o tempo de relógio.

Tempos de execução em segundos												
equipes	dias											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0.02	0.01	0	0	0	0.02	0	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
2	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.3	0.31	0.36	0.39	0.44	0.53	0.75
3	0.55	0.78	0.92	1.11	1.27	1.66	1.55	1.89	2.2	1.95	2.08	2.19
4	7.58	9.72	7.89	10.09	17.94	39.92	32.2	34.88	29.3	59.08	38.03	38.48
5	23.61	38.72	43.31	222.06	70.67	684.64	337.78	457.44	57.38	674.59	142.72	537.06
6	58.3	55.95	104.34	593.16	133.51	177.06	608.27	1478.06	601.72	631.48	700	867.34
7	83.7	111.78	249.58	200.06	202.22	812.42	249.69	1043.63	857.28	963.09	1191.17	1114.91
8	305.31	234.41	115.41	260.08	433.41	1018.3	1008.7	317.5	4203	1592.59	1330.88	3318.27
9	696.24	663.33	1260.92	816.34	183.53	400.23	492.39	1641.72	1418.39	1939.59	352.94	3111.49
10	256.59	780	968.67	985.44	1346.24	1467.95	623.33	2053.91	2235.88	838.22	3105.06	2712.91

Tabela 1. Tempos até a solução, para instâncias de 8 a 19 dias.

Fonte: Elaboração própria

Tempos de execução em segundos												
equipes	dias											
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
2	0.66	0.8	0.78	0.98	0.64	0.72	0.77	0.86	0.84	0.92	1.08	
3	2.33	2.39	2.45	3.36	4.25	4.64	4.72	5.42	3.77	4.73	4.11	
4	77.86	164.03	74.98	281.84	591.99	925.72	532.25	239.13	737.94	604.84	135.47	
5	883.86	2368.09	329.83	1295.91	379.17		2052.38	856.2	1080.05	1206.08	612.64	
6	1284.95	12921.73	1552.98	1934.28	2807.95	1673.27	1951.17	1804.23	1725.45	1816.17	2240.23	
7	1492.72	2066.48	2059.25	3620.2	1517.89	2543.25	5512.56	5976.14	3062.52	2237.55	3260.13	
8	2022.03	1890.11	1924.81	2374.91	2174.19	3355.77	5262.16	15970.8	4687.91	10365.89	30479.64	
9	2582.59	4064.89	4040.08	3976.67	1778	5834.98	4759.08	14306.34	13274.42		7933.3	
10	9479.53	3105.31	8758.72	5702.81	4967.13	6711.25		7487.38		7847.95	20959.97	

Tabela 2. Tempos até a solução, para instâncias de 20 a 30 dias.

Fonte: Elaboração própria

Foram executadas as instâncias diferentes consecutivamente, e os tempos registrados. A tabela 1 resultou de uma destas execuções. Alguns testes anteriores com o problema mostravam que, após quatro horas de execução sem encontrar pelo menos uma solução viável, o software encerrou a execução por falta de memória. Caso ao menos uma solução viável já houvesse sido encontrada, o problema acabava chegando à solução. Por esta razão, o problema foi acompanhado e, se após quatro horas de execução não apresentou nenhuma solução viável, foi interrompido. Isto aconteceu com as instâncias marcadas em cinza na Tabela 2.

Outro ponto que se destacou foi o fato de horizontes maiores, embora aparentemente aumentem a complexidade do problema, algumas vezes apresentaram tempos inferiores aos de horizontes menores – por exemplo, o tempo de processamento para doze, treze, catorze, dezesseis, dezoito, dezenove e vinte e quatro dias, a execução de oito equipes demorou mais que a de nove equipes. Também houve diferenças entre duas execuções diferentes da mesma instância. Não se sabe ao certo o motivo destas divergências; contudo, sabe-se que existe aleatoriedade na escolha dos caminhos até a solução; ainda, fatores externos como processos paralelos do sistema operacional, por mais que sejam evitados e minimizados, podem ocorrer e afetar o tempo de execução. Isto pode ser estudado futuramente, inclusive procurando formas de melhorar o desempenho do problema.

No mais, as escalas se mostraram adequadas ao objetivo do trabalho e a solução

ótima foi encontrada. A figura 1 mostra um trecho de uma das soluções, para sete equipes e um horizonte de oito dias; as figuras 2 e 3 mostram a mesma escala, com a divisão dos horários para cada dia. Nesta solução, as equipes 2, 4 e 7 não foram utilizadas após a minimização. É interessante observar que, mesmo existindo um único valor ótimo para a função objetivo, existe mais de uma escala possível atendendo a este valor ótimo.

Equipe (k)	Horário (j)									
	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 1. Trecho da escala resultante para sete equipes, oito dias.

Fonte: Elaboração própria

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8	
Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe
0 às 6	3	0 às 8	1	0 às 9	1	0 às 6	1	0 às 7	6	0 às 9	3	0 às 9	1	0 às 6	1
6 às 11	1	8 às 17	6	5 às 14	6	6 às 15	3	7 às 16	1	9 às 16	6	9 às 17	6	6 às 15	5
10 às 16	6	15 às 24	3	11 às 19	3	15 às 24	5	16 às 24	5	16 às 24	5	17 às 19	5	13 às 22	3
16 às 24	5	Folga equipe 5		16 às 24	5	Folga equipe 6		Folga equipe 3		Folga equipe 1		19 às 24	3	22 às 24	6

Figura 2. Escala de turno para sete equipes, oito dias - parte 1.

Fonte: Elaboração própria

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8	
Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe	Hora(h)	Equipe
0 às 6	3	0 às 8	1	0 às 9	1	0 às 6	1	0 às 7	6	0 às 9	3	0 às 9	1	0 às 6	1
6 às 11	1	8 às 17	6	5 às 14	6	6 às 15	3	7 às 16	1	9 às 16	6	9 às 17	6	6 às 15	5
10 às 16	6	15 às 24	3	11 às 19	3	15 às 24	5	16 às 24	5	16 às 24	5	17 às 19	5	13 às 22	3
16 às 24	5	Folga equipe 5		16 às 24	5	Folga equipe 6		Folga equipe 3		Folga equipe 1		19 às 24	3	22 às 24	6

Figura 3. Escala de turno para sete equipes, oito dias - parte 2.

Fonte: Elaboração própria

Na figura 1, são vistas as horas trabalhadas; os horários de refeição aparecem como zeros entre horas trabalhadas. O zero no horário 101 (equivalente às 4h do quinto dia) tem uma refeição para a equipe 6. Estes horários também podem ser restritos de acordo com horários de refeitórios, por exemplo. Ocorreram muitas alocações de refeições em turnos pequenos, o que se tentará corrigir na modelagem para trabalhos futuros.

As figuras 2 e 3 permitem ver que os horários de trabalho em dias consecutivos

não ficaram uniformes. A equipe 1, por exemplo, começa o dia 1 (D1) trabalhando de 6 às 11, e depois trabalha no dia 2 (D2) de 0 às 8. Isto não era um objetivo da presente modelagem; porém, é comum se desejar que o trabalhador sofra o mínimo de mudanças possível devido à adaptação do corpo. Portanto, esta restrição pode ser acrescentada nos próximos trabalhos.

Um fato interessante a se destacar nas figuras 2 e 3, é que alguns horários foram cobertos por mais de uma equipe; isto ocorre, por exemplo, no dia 8 (D8) de 13 às 15. Isto ocorre pelo fato de a função objetivo estar contabilizando a quantidade de equipes, e não horas trabalhadas. Neste contexto, o otimizador distribui as horas de maneira conveniente e, uma vez que não há número máximo de equipes por hora, pode ocorrer sobreposição em alguns casos, contanto que o número de equipes continue mínimo.

Ainda para a solução mostrada nas figuras 1 a 3, a Tabela 3, com a carga horária total, e a Tabela 4, com a carga horária média semanal, mostram que as cargas horárias entre as equipes apresentaram algumas horas de diferença, o que pode ser compensado com revezamento, mas também se pode tentar equilibrar a diferença. Para o exemplo de sete equipes e oito dias, os oito dias representam 1,1429 semanas; a carga horária total por equipe, mostrada na Tabela 3, é dividida por esta quantidade de semanas para cálculo da carga horária semanal na Tabela 4.

Equipe (k)	Horas trabalhadas
1	46
3	49
5	50
6	50

Tabela 3. Quantidade total de horas trabalhadas por equipe em uma solução para sete equipes, oito dias.

Fonte: Elaboração própria

Equipe (k)	Horas trabalhadas
1	40.25
3	42.875
5	43.75
6	43.75

Tabela 4. Carga horária semanal por equipe em uma solução para sete equipes, oito dias.

Fonte: Elaboração própria

5 | CONCLUSÃO

O trabalho alcançou o objetivo de apresentar um modelo inicial e obteve soluções aplicáveis. Também serviu de base para desenvolvimento de mais estudos sobre

escalas de turno. Trata-se de uma pequena parte entre tudo que pode ser desenvolvido no assunto. O modelo é adaptável a mais de uma situação, bastando mudar apenas os valores de entrada.

Outra possível conclusão ainda é que é possível utilizar um trabalho como este para avaliar produtividade da mão de obra no Brasil. Ele permite verificar a parcela da produtividade que se pode ganhar com a adequação do quadro de horários, e diferenciá-la das perdas em razão de métodos, taxa de ocupação dos trabalhadores e defasagem tecnológica.

Como sugestões de trabalhos futuros, podem-se citar a adaptação da função objetivo para maior detalhamento da quantidade de efetivo; adição de equações de restrição de horários de refeição e busca de meios para evitar a alocação em turnos de menos de seis horas; limitação na variação de horário entre dias consecutivos; adição de medida de equilíbrio da carga horária entre as equipes; e avaliação de métodos diferentes, como heurísticas populacionais, para geração de uma gama de soluções – a comparação entre elas pode enriquecer a avaliação e até mesmo uma eventual tomada de decisão para este tipo de problema. Ainda há o estudo dos tempos de processamento; muitas variáveis podem interferir nestes tempos, como a região de soluções, o sistema operacional utilizado, os processos paralelos à execução do problema, o próprio software utilizado. A razão deste tipo de comportamento dos tempos também é um possível tópico a ser avaliado.

REFERÊNCIAS

Blöchliger, I. Modelling Staff Scheduling Problems. A tutorial. *European Journal of Operational Research*, vol 158, p. 533-542, 2004.

Bôaventura, R. S.; Pinto, B. Q.; Yamanaka, K. Utilizando técnicas de algoritmo genético para resolução do problema de geração de grade horária para enfermarias. *Conferência IADIS Ibero-Americana Computação Aplicada*, p.71-78, 2013.

Brucker, P.; Qu, R.; Burke, E. Personnel scheduling: Models and complexity. *European Journal of Operational Research*, vol 210, p. 467-473, 2011.

Bucco, G. B.; Bornia – Poulsen, C. J.; Bandeira, D. L. Development of a linear programming model for the University Course Timetabling Problem. *Gestão da Produção*, vol. 24, nº1, p. 40-49, 2017.

Burke, E. K.; Curtois, T. New approaches to nurse rostering benchmark instances. *European Journal of Operational Research*, vol 237, p. 71-81, 2014.

Decreto – Lei nº 5452, de 1º de maio de 1943: CLT – Consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm, acesso em 26/12/2017.

Defraeye, M.; Van Nieuwenhuyse, I. Staffing and scheduling under nonstationary demand for service: A literature review. *Omega*, vol 58, p.4-25, 2016.

Eiselt, H. A.; Marianov, V. Employee positioning and workload allocation. *Computers & Operations Research*, vol. 35, p.513-524, 2008.

Ernst, A. T.; Jiang, H.; Krishnamoorthy, M.; Sier, D. Staff scheduling and rostering: a review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, vol 153, p. 3-27, 2004.

Gómez, A.T; Poltosi, M.R. Experiências com metaheurísticas na elaboração de escalas de trabalho de técnicos de enfermagem. *Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha*, Rio de Janeiro, 2008.

Granfeldt, C. Rotating workforce scheduling. Dissertação de mestrado, Universidade de Linköping, Suécia, 2015.

Jourdan, L.; Basseur, M.; Talbi, E. G. Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy. *European Journal of Operational Research*, vol 199, p. 620-629, 2009.

Krishnamoorthy, M.; Ernst, A. T.; Baatar, D. Algorithms for large scale Shift Minimisation Personnel Task Scheduling Problems. *European Journal of Operational Research*, vol 219, p. 34-48, 2012.

Lei nº 13.467, DE 13 DE JULHO DE 2017. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13467.htm#art1, acesso em 26/12/2017.

Santos, I. C. V. Utilização da metaheurística *simulated annealing* para a otimização da programação de turnos dos funcionários de uma loja varejista. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.

Smet, P.; Brucker, P.; De Causmaecker, P.; Berghe, G. V. Polynomially solvable personnel rostering problems. *European Journal of Operational Research*, vol. 249, p. 67-75, 2016.

Valdes, V. A. V. Integrating Crew Scheduling and Rostering Problems. Tese de Doutorado, Universidade de Bolonha, Itália, 2010

Van Den Bergh, J.; Beliën, J.; De Bruecker, P.; Demeulemeester, E.; De Boeck, L. Personnel scheduling: a literature review. *European Journal of Operational Research*, vol 226, p. 367-385, 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

Ernane Rosa Martins - Doutorado em andamento em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia), ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-478-8

