



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Engenharia de Produção**

**Aplicação de um algoritmo híbrido
para Alocar as Férias em uma
Cooperativa de Crédito do Estado de
Minas Gerais**

André Luiz Barbosa Lima

**TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTAÇÃO:

Alexandre Xavier Martins

COORIENTAÇÃO:

Marco Antonio Bonelli Junior

**Novembro, 2019
João Monlevade–MG**

André Luiz Barbosa Lima

**Aplicação de um algoritmo híbrido para Alocar
as Férias em uma Cooperativa de Crédito do
Estado de Minas Gerais**

Orientador: Alexandre Xavier Martins

Coorientador: Marco Antonio Bonelli Junior

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de
Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas,
da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito
para aprovação na Disciplina “Trabalho de Conclusão
de Curso II”.

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Novembro de 2019

L732a

Lima, André Luiz.

Aplicação de um algoritmo híbrido para alocar as férias em uma cooperativa de crédito do Estado de Minas Gerais [manuscrito] / André Luiz Lima. - 2019.

42f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Martins.

Coorientador: Marco Antônio Bonelli Junior.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Programação (Matemática). 2. Heurísticas. 3. Força de Trabalho. 4. Algoritmos. I. Martins, Alexandre. II. André, Luiz. III. Universidade Federal de

CDU: 519.85

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

André Luiz Barbosa Lima

Aplicação de um Algoritmo Híbrido para Alocar as Férias em uma Cooperativa de Crédito do Estado de Minas Gerais

Membros da banca

Alexandre Xavier Martins - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto
Mônica do Amaral - Doutora - Universidade Federal de Ouro Preto
Mayra Cristina Silva Santos - Graduada - Universidade Federal de Ouro Preto

Versão final

Aprovado em 28 de novembro de 2019

De acordo

Professor Orientador Alexandre Xavier Martins



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Xavier Martins**, COORDENADOR DO PROGRAMA DE POS GRADUACAO EM ENGENHARIA DE PRODUCAO/JM, em 12/12/2019, às 13:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0027811** e o código CRC **923F0A5E**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.203917/2019-70

SEI nº 0027811

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

Este trabalho é dedicado aos meus pais, por todo o suporte que me deram. Vocês são parte desta conquista.

Agradecimentos

Um dia olharam em meus olhos e me disseram que eu seria engenheiro e hoje eu só posso confirmar que sim, esse dia chegou. Porém, chegar até aqui não foi fácil. Houveram com dificuldades que começaram antes mesmo da graduação, mas sempre mapearam para esse objetivo tão sonhado. Apesar das dificuldades, as conquistas dessa jornada foram extremamente valiosas. Mais do que um título de bacharel, a UFOP me proporcionou momentos impagáveis, que levarei comigo para sempre. É preciso que eu agradeça aos meus amigos da UFOP Tiago, Jessica, Jenniffer, Josiane, Marbia, Eduardo, Juliana, Bianca, Bruna e tantos outros que estiveram comigo não só nas festas, mas também nos surtos ocasionais do semestre. Às minhas amigas do ensino médio Ana Paula e Isabella, por todo o apoio mesmo de longe. Agradeço à Inova Jr, meu primeiro ambiente de contato com o que era a engenharia de produção na prática, e o local onde eu tive a certeza de que estava fazendo o curso certo. Agradeço também à toda equipe da PH Transportes, em especial à equipe de operações ferroviárias, por todos os ensinamentos, contribuições e confiança no meu trabalho, o que contribuiu para que hoje eu seja uma pessoa e profissional mais preparado do que quando eu comecei essa jornada. É preciso também agradecer a todos os mestres que tive ao longo desse caminho, que com todos seus ensinamentos me proporcionaram conhecimento suficiente para chegar até aqui. À todos aqueles que de alguma forma participaram dessa conquista, meu muito obrigado

“Nãõ importa o que aconteça, continue a nadar.”

(WALTERS, GRAHAM; PROCURANDO NEMO, 2003)

Resumo

A alocação da força de trabalho é um problema que tem sido amplamente estudado por pesquisadores da área da pesquisa operacional. Porém, apesar de ser conhecido e já estudado, a elaboração de soluções que consigam gerar uma minimização de custos, atendendo às particularidades de cada cenário, é normalmente uma tarefa difícil, devido aos aspectos combinatórios do problema. Nesta pesquisa será abordado o problema da alocação de força de trabalho no contexto de uma Cooperativa de Crédito do Estado de Minas Gerais. A abordagem escolhida é baseada na utilização de heurísticas para realizar um pré processamento e posteriormente a programação inteira, para se realizar o sequenciamento das férias dos funcionários, respeitando-se as premissas estabelecidas. O resultado obtido por essa resolução foi um plano de coberturas para o período de 1 ano, além da demonstração das necessidades de contratação para que esse plano pudesse ser efetivamente criado.

Palavras-chave: Programação Inteira. Alocação de Força de Trabalho. Cooperativas de Crédito. Modelagem Matemática. Heurísticas.

Abstract

Workforce allocation is a problem that has been widely studied by researchers in the field of operational research. However, despite being a known and studied problem, the elaboration of solutions that can generate cost minimization, taking into account the particularities of each scenario is usually a difficult task, due to the combinatorial aspects of the problem. This research will address the problem of workforce allocation in the context of a Minas Gerais State Credit Union. The approach chosen is based on the use of heuristics to perform a preprocessing and then the integer programming, to perform the sequencing of employee vacations, respecting the established assumptions. The result of this resolution was a one-year coverage plan, as well as a demonstration of hiring needs so that this plan could be effectively created.

Key-words: Integer Programming. Workforce allocation. Crédito Union. Mathematical Modeling. Heuristics.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Processo de modelagem. Fonte: Morabito et al. (2012)	16
Figura 2 – Numero de Concessões ao longo do período de planejamento	30

Lista de tabelas

Tabela 1 – Número de empresas, pessoal alocado e classificação de porte.	13
Tabela 2 – Categorização dos artigos por tipo de escala de trabalho.	19
Tabela 3 – Categorização dos artigos por setor de aplicação.	19
Tabela 4 – Categorização dos artigos por método de solução.	20
Tabela 5 – Distribuição dos trabalhadores por categoria de função e por agência de atendimento.	21
Tabela 6 – Número de coberturas realizadas e taxa de ocupação dos volantes reais e artificiais.	29
Tabela 7 – Momentos de concessões e cobertura de férias das funções de gerência e supervisão.	31
Tabela 8 – Valores mínimos* e máximos de concessões de férias mensais aplicadas nas agências de atendimento.	32
Tabela 9 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ALV por período.	38
Tabela 10 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BCC por período.	38
Tabela 11 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BHZ por período.	39
Tabela 12 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BVL por período.	39
Tabela 13 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência CAE por período.	39
Tabela 14 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência CRZ por período.	39
Tabela 15 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ITA por período.	39
Tabela 16 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ITO por período.	40
Tabela 17 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência MAR por período.	40
Tabela 18 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência MTZ por período.	40
Tabela 19 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência NVE por período.	40
Tabela 20 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência NVL por período.	41

Tabela 21 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência OPT por período.	41
Tabela 22 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência OUB por período.	41
Tabela 23 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência PRT por período.	41
Tabela 24 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência RP por período.	41
Tabela 25 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência STB por período.	42

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivos Gerais	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	Justificativa	14
1.3	Metodologia	15
1.3.1	Definição do Problema	16
1.3.2	Construção do Modelo	16
1.3.3	Solução do modelo	16
1.3.4	Validação do Modelo	16
1.4	Organização do trabalho	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3	DESENVOLVIMENTO	21
3.1	Modelo	22
3.1.1	Restrições	23
3.1.2	Pré-Processamento	23
3.1.3	Remoção da Necessidade de Cobertura	23
3.1.4	Avaliação da capacidade de cobertura	24
3.1.5	Criação do plano de coberturas	24
3.1.6	Sequenciamento de Férias	26
4	RESULTADOS	29
5	CONCLUSÃO	33
6	PRODUTOS GERADOS	34
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICES	37
	APÊNDICE A – TABELAS COM OS MOMENTOS DE CONCESSÃO PARA TODAS AS AGÊNCIAS DA COOPERATIVA	38

1 Introdução

Em qualquer organização, independentemente de seu porte, é possível observar o problema da alocação de força de trabalho. A literatura demonstra estudos realizados sobre o tema em ambientes variados, como na elaboração de escalas e divisão de trabalho em *call centers* (BHULAI; KOOLE; POT, 2008), transportes aéreos (KOHL; KARISCH, 2004), serviços postais (BARD; BINICI et al., 2003), serviços de saúde (BURKE et al., 2004), caminhões-tanques (SOLOS; TASSOPOULOS; BELIGIANNIS, 2016), entre outros casos. De acordo com Junior, Rocco e Lima (2019), o foco desse problema é a situação na qual é necessário atribuir trabalhadores a atividades, turnos ou dias de folga, baseando-se nas restrições presentes em cada contexto.

Dados do IBGE sobre a demografia de empresas no Brasil, coletados em 2015 e apresentados na Tabela 1, apontam a existência de 4,5 milhões de empresas no país, empregando mais de 40 milhões de pessoas. Ao dividirmos estas empresas relativamente ao seu porte utilizando a classificação apresentada pelo SEBRAE (2013), temos que aproximadamente 75 mil destas organizações são consideradas de médio ou grande porte.

Tabela 1 – Número de empresas, pessoal alocado e classificação de porte.

Faixas de pessoal	Total de empresas	Total de pessoal alocado	Classificação SEBRAE
000 – 004	3.238.265	8.045.586	Microempresa
005 – 009	722.591	8.093.471	Microempresa
010 – 019	356.57	8.732.150	Pequeno porte
020 – 029	94.365	4.320.019	Pequeno porte
030 – 049	65.565	4.823.037	Pequeno porte
050 – 099	41.354	5.577.699	Médio porte
100 – 249	20.842	6.264.000	Grande porte
250 – 499	6.752	4.663.419	Grande porte
≥ 500	6.124	23.323.917	Grande porte

É notável a existência no país de diversas organizações que se enquadrem no perfil de empresas que possuem complexidade para desenvolver sua alocação da força de trabalho e momentos de concessão de férias. Para Ernst et al. (2004b), otimizar a alocação de pessoal pode promover grandes benefícios, porém requer cuidados na implementação. Ainda assim, frequentemente essa alocação é construída manualmente ou com a ajuda de planilhas eletrônicas (KNUST; SCHUMACHER, 2011).

Neste estudo, será abordado um conjunto de agências bancárias, pertencentes à uma cooperativa do estado de Minas Gerais. Cada uma dessas agências possui um conjunto de trabalhadores que são qualificados para ocuparem postos operacionais ou gerenciais. Todos os colaboradores possuem um prazo durante o ano no qual devem gozar de suas férias e durante esse momento, dependendo do contexto, seu posto deve ser ocupado por outra pessoa, de mesma qualificação, por todo o período de concessão. As coberturas

são feitas por um conjunto de trabalhadores denominados "Volantes ", que têm como responsabilidade realizar a cobertura de trabalhadores com qualificação compatível com a sua, em todas as agências. Só é permitida a cobertura caso trabalhador e volante sejam de uma mesma função.

No presente cenário, todos os trabalhadores possuem períodos de férias de 30 dias, que devem ser gozados de forma ininterrupta. Sendo assim, não é possível retirar menos de 30 dias de férias. Outra premissa adotada é a de que todos os trabalhadores devem receber seu benefício dentro do período de 1 ano.

Nesta pesquisa será verificado se, a partir dos dados reais sobre as agências, e por meio de um algoritmo híbrido, há a possibilidade de que todos os colaboradores saiam de férias por 30 dias consecutivos no prazo de 1 ano. Além disso, é preciso que se realize a cobertura dessas férias, visando atender a equipe mínima necessária para garantir um bom atendimento aos clientes. A cobertura das férias é definida como a situação na qual um funcionário volante será alocado temporariamente em uma agência no lugar da pessoa em período de férias. Baseando-se nas instâncias reais, seria possível, através de um algoritmo híbrido, obter uma resposta viável ?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Esta pesquisa propõe o desenvolvimento, implementação e resolução de abordagens de otimização para o apoiar as decisões existentes no procedimento de alocação de força de trabalho e sequenciamento de férias, para o contexto existente em uma cooperativa de crédito contendo múltiplas agências.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir abordagens de otimização para o planejamento da força de trabalho e sequenciamento de férias dos colaboradores.
- Validar a abordagem construída por meio de um estudo de caso em uma cooperativa de crédito.

1.2 Justificativa

A alocação da força de trabalho e sequenciamento de férias possui um caráter combinatório entre si. Ao se conceder férias, a força de trabalho é afetada e, sendo assim, esta atividade deve respeitar a disponibilidade de mão de obra de modo que a cobertura

para este período não seja inviabilizada e também não existam expressivas concessões paralelas em uma mesma agência.

Encontrar boas soluções para a alocação de força de trabalho é normalmente difícil, dado à elevada complexidade do problema, sendo ainda mais difícil encontrar a solução ótima do problema de forma a minimizar os custos, adequar o planejamento às preferências dos trabalhadores, distribuir os turnos de forma igualitária e satisfazer às restrições de necessidade de trabalho (ERNST et al., 2004b). A medida que o porte da organização aumenta, a complexidade da resolução também cresce, visto que ocorrerá um aumento no número de funcionários e no conjunto de habilidades que são necessárias. Com isso, a relevância do problema aumenta, principalmente para empresas de porte médio e grande.

Um outro fator que potencializa a dificuldade de resolução está atrelado à consideração do conjunto de habilidades existentes na organização. Em planejamento da força de trabalho, a habilidade é a capacidade de um trabalhador de realizar uma determinada atividade (SADEGHI-DASTAKI; AFRAZEH, 2018). Para Junior, Rocco e Lima (2019), a habilidade tem uma relação direta com a forma de execução da atividade e o grau de eficiência durante essa execução (em questões de tempo e qualidade, por exemplo).

No ambiente estudado nesta pesquisa, a quantidade de pontos de atendimento presentes, as restrições para as concessões de férias, bem como as coberturas necessárias, tornam o problema complexo de se resolver de forma manual. Partindo deste princípio, uma abordagem computacional irá proporcionar agilidade na obtenção de uma resposta viável.

1.3 Metodologia

Baseando-se em Turrioni e Mello (2012), este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa empírica quantitativa. Nesta modalidade, o objetivo é que a partir de observações sobre a uma situação real, elaborar um modelo que permita uma solução. A abordagem para resolução será baseada no proposto por Morabito et al. (2012) e esquematizada na Figura 1.

Como metodologia para desenvolvimento da solução do problema da alocação e sequenciamento de férias, a metodologia adotada será a proposta por Turrioni e Mello (2012) e segue as seguintes etapas:

- Definição do Problema
- Construção do Modelo
- Solução do Modelo
- Validação do Modelo

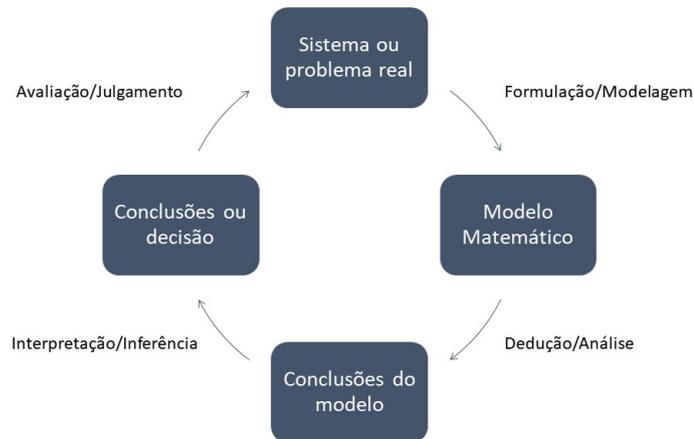


Figura 1 – Processo de modelagem. Fonte: [Morabito et al. \(2012\)](#)

1.3.1 Definição do Problema

Nessa fase são definidos o escopo do problema em estudo, as decisões de interesse, os objetivos envolvidos e o modelo conceitual do problema ([TURRIONI; MELLO, 2012](#)). No presente estudo, o problema em questão foi definido a partir de observações sobre o processo de concessão de férias da cooperativa.

1.3.2 Construção do Modelo

Segundo [Turrioni e Mello \(2012\)](#), nessa etapa as informações previamente coletadas serão utilizadas para se desenvolver um modelo matemático para o problema. Para o sucesso desse modelo, é importante que todas as restrições sejam obedecidas. Neste caso, o objetivo não é otimizar, mas sim garantir uma solução viável para o problema e, portanto, não há função objetivo.

1.3.3 Solução do modelo

Nesta fase, de acordo com [Turrioni e Mello \(2012\)](#), métodos de solução e algoritmos são utilizados para resolver o modelo gerado. Para o problema em questão, será desenvolvido um modelo próprio, que atenda às necessidades da Cooperativa. Para isso será utilizada a programação inteira em conjunto com um algoritmo desenvolvido para um pré-processamento.

1.3.4 Validação do Modelo

Para ([TURRIONI; MELLO, 2012](#)), essa fase visa verificar se o modelo proposto define adequadamente o comportamento do sistema real. Como forma de se validar, será

utilizada uma abordagem empírica, através do desenvolvimento de um estudo de caso com a Cooperativa de Crédito. Segundo [Turrioni e Mello \(2012\)](#) o estudo de caso apresenta como benefícios a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre determinado tema.

1.4 Organização do trabalho

O restante deste trabalho é organizado como se segue. O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema na literatura, bem como a sua evolução com o passar dos anos. O Capítulo 3 apresentará uma contextualização mais aprofundada sobre o cenário estudado, suas particularidades e o modelo desenvolvido para solucionar o problema.

Na parte de Resultados, presente no Capítulo 4 serão demonstradas as respostas obtidas e as conclusões levantadas a partir disso. Por fim, o Capítulo 5 irá conter as considerações finais sobre o assunto e sugestões para pesquisas futuras.

2 Revisão bibliográfica

A alocação de força de trabalho é um problema que ao longo dos anos possuiu várias evoluções em sua formulação, sendo os problemas tratados na atualidade bem distintos dos tratados nos anos 50 por [Edie \(1954\)](#) e [Dantzig \(1954\)](#). Essa evolução se dá pela diferenciação das necessidades de trabalho ao longo do tempo, aplicação das habilidades com a inserção de novas tecnologias e pela diferenciação no momento da divisão de turnos, em que empresas podem optar por contratos flexíveis.

[Baker \(1976\)](#) foi um dos pioneiros a classificar os problemas de alocação de força de trabalho, dividindo a área de estudo em três grupos segundo o tipo de divisão de turnos: *shift scheduling*, *days off scheduling* ou *tour scheduling*. O autor, em suas conclusões, informa que esta área não possui um largo *gap* frente aos entendimentos práticos e teóricos. Ainda assim, [Baker \(1976\)](#) reforça que sua revisão indicou que vários outros tópicos ainda estão abertos para investigações na literatura.

Já nos anos 90, [Bechtold, Brusco e Showalter \(1991\)](#) fizeram uma nova classificação para o problema baseada no método de solução aplicado, dividindo o problema da alocação de força de trabalho em *linear programming based* ou *construction based*, ou seja, baseados em métodos de programação linear ou métodos heurísticos construtivos. Os autores realizaram em seu estudo uma comparação entre os diferentes métodos de solução, concluindo que a aplicação de heurísticas se mostra satisfatória para a resolução desta classe de problemas e, assim, deveria ser alvo de estudos futuros por demais pesquisadores.

Esse tipo de classificação baseada nos métodos de solução foi posteriormente atualizada por [Alfares \(2004\)](#), particionando o problema em: *manual solution*, *integer programming*, *implicit modeling*, *decomposition*, *goal programming*, *working set generation*, *LP-based solution*, *construction based solution*, *metaheuristics* e outros métodos. O autor aponta uma grande popularização de métodos metaheurísticos para a resolução dos problemas de alocação de força de trabalho, especialmente as técnicas *tabu search* e *simulated annealing*. [Alfares \(2004\)](#) aponta também alguns direcionamentos para pesquisas futuras, como aplicar funções objetivos não lineares, considerar o problema em sua forma multiobjetiva, tratar o problema na forma multiperiódica, entre outros.

Posteriormente, novas classificações foram feitas em [Ernst et al. \(2004a\)](#) e [Ernst et al. \(2004b\)](#). Os autores classificaram o problema por tipo de escala de trabalho: *crew scheduling*, *tour scheduling*, *flexible demand*, *workforce planning*, *crew rostering*, *shift scheduling*, *cyclic roster*, *days off scheduling*, *shift demand*, *task based demand*, *demand modelling*, *task assignment*, *shift assignment*, *disruption management*, *other classifications*, *stint based roster* e *roster assignment*. Para a realização dos estudos, os autores revisaram

mais de 700 referências na área, sendo a concentração de artigos em cada categoria é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Categorização dos artigos por tipo de escala de trabalho.

Classificação	Artigos	Classificação	Artigos
<i>Crew Scheduling</i>	219	<i>Task Based Demand</i>	47
<i>Tour Scheduling</i>	185	<i>Demand Modelling</i>	40
<i>Flexible Demand</i>	107	<i>Task Assignment</i>	32
<i>Workforce Planning</i>	99	<i>Shift Assignment</i>	24
<i>Crew Rostering</i>	76	<i>Disruption Management</i>	16
<i>Shift Scheduling</i>	64	<i>Others Classifications</i>	12
<i>Cyclic Roster</i>	62	<i>Stint Based Roster</i>	9
<i>Days Off Scheduling</i>	61	<i>Roster Assignment</i>	6
<i>Shift Demand</i>	55		

Fonte: Adaptado de [Ernst et al. \(2004a\)](#).

Os trabalhos apresentados por [Ernst et al. \(2004a\)](#) e [Ernst et al. \(2004b\)](#) demonstram, além das novas classificações, diversas outras características dos estudos sobre o tema, como as áreas de aplicação e os métodos utilizados para sua resolução na literatura da época. Essas informações são mostradas nas Tabelas 3 e 4 respectivamente. Porém, um aspecto importante que pode ser observado nos dois estudos dos autores é que, até esta época, este tema era abordado sem a inserção das incertezas inerentes ao problema.

Tabela 3 – Categorização dos artigos por setor de aplicação.

Aplicação	Artigos	Aplicação	Artigos
<i>Buses</i>	129	<i>Civic Services and Utilities</i>	22
<i>Nurse Scheduling</i>	103	<i>Venue Management</i>	19
<i>Airlines</i>	99	<i>Protection and Emergency Services</i>	16
<i>Railways</i>	37	<i>Other Applications</i>	14
<i>Call Centres</i>	37	<i>Transportation Systems</i>	12
<i>General</i>	33	<i>Hospitality and Tourism</i>	7
<i>Manufacturing</i>	29	<i>Financial Services</i>	6
<i>Mass Transit</i>	28	<i>Sales</i>	3
<i>Health Care Systems</i>	23		

Fonte: Adaptado de [Ernst et al. \(2004a\)](#).

Um ponto importante a ser observado com o estudo realizado por [Ernst et al. \(2004a\)](#) e [Ernst et al. \(2004b\)](#) é a maior concentração dos métodos de solução em técnicas (i) heurísticas/metaheurísticas e (ii) de programação inteira. Enquanto o primeiro confirma a popularização de algoritmos de aproximação para a solução de problemas de alocação de força de trabalho, apontada por [Alfares \(2004\)](#), o segundo demonstra a crescente aplicação de técnicas de programação inteira para a resolução de problemas combinatórios, que é auxiliada pelas constantes evoluções do poder de processamento computacional.

O primeiro estudo bibliográfico discutindo o problema de alocação de força de trabalho, considerando incertezas na tomada de decisão, foi de [Bergh et al. \(2013\)](#). Os autores realizaram um levantamento de aproximadamente 300 estudos, demonstrando as

principais características do problema, as principais áreas de aplicação, os métodos de solução mais comuns e, de forma pioneira, os tipos de incertezas ao problema.

Tabela 4 – Categorização dos artigos por método de solução.

Método de Solução	Artigos	Método de Solução	Artigos
<i>Integer Programming</i>	139	<i>Branch-and-Price</i>	30
<i>Constructive Heuristic</i>	133	<i>Genetic Algorithms</i>	28
<i>Set Partitioning</i>	72	<i>Mathematical Programming</i>	27
<i>Set Covering</i>	58	<i>Simulated Annealing</i>	20
<i>Column Generation</i>	48	<i>Goal Programming</i>	19
<i>Constraint Logic Programming</i>	46	<i>Dynamic Programming</i>	17
<i>Simple Local Search</i>	39	<i>Tabu Search</i>	16
<i>Network Flow</i>	38	<i>Expert Systems</i>	15
<i>Matching</i>	36	<i>Branch-and-Bound</i>	14
<i>Linear Programming</i>	35	<i>Enumeration</i>	13
<i>Other Methods</i>	35	<i>Other Meta-Heuristic</i>	11
<i>Lagrangian Relaxation</i>	32	<i>Branch-and-Cut</i>	9
<i>Queueing Theory</i>	32	<i>Iterated Randomised Construction</i>	5
<i>Simulation</i>	31	<i>Evolution</i>	4

Fonte: Adaptado de [Ernst et al. \(2004a\)](#).

[Bergh et al. \(2013\)](#) afirmaram que até então as características estocásticas ainda não haviam sido abordadas em estudos anteriores e enfatizaram que as abordagens determinísticas ignoram qualquer forma de incerteza na tomada de decisão. Os autores introduzem o conceito de incorporação de incertezas ao problema dividindo-as em três grupos: *uncertainty of demand*, *uncertainty of arrival* e *uncertainty of capacity*. As incertezas de demanda indicam a imprevisibilidade da carga de trabalho, ou seja, o esforço necessário para conclusão de uma tarefa particular. Já as incertezas de chegada simbolizam a variabilidade na necessidade do trabalho em si. Por fim, as incertezas de capacidade demonstram o desvio entre a disponibilidade de mão de obra planejada e a disponibilidade real no período.

Dentre todas as abordagens vistas na literatura, esta pesquisa irá focar em utilizar a programação inteira e métodos heurísticos. Para fins de simplificação, o aspecto das incertezas não será abordado neste trabalho. Assim, será assumido que não existem fatores externos que podem interferir no plano de férias a ser gerado.

3 Desenvolvimento

O estudo presente neste trabalho se passa em uma Cooperativa de Crédito do Estado de Minas Gerais. A organização divide a sua estrutura em dezoito locais, sendo uma sede administrativa e outras dezessete agências de atendimento, que são alocadas em diferentes cidades do estado. O foco do estudo são seis tipos de função que foram destacadas como críticas pela organização, sendo elas: Gerentes Gerais (GG), Gerentes de Relacionamento (GR), Agentes de Atendimento (AA), Caixas Tesoureiros (CT) e Supervisores (SV). Para cada uma das funções mencionadas, existem volantes, que são os responsáveis pelas coberturas de férias dos trabalhadores efetivos. O escopo considerado nesse estudo conta com 92 trabalhadores, sendo eles 15 Gerentes Gerais, 12 Gerentes de Relacionamento, 38 Agentes de Atendimento, 25 Caixas Tesoureiros e 2 Supervisores.

Para conseguir atender às demandas de cada cidade, cada agência possui um escopo diferente, visando melhor se adaptar às necessidades locais . A Tabela 5 apresenta essa distribuição.

Para realizar as concessões de férias, a cooperativa aciona os trabalhadores que são dedicados a realizar as coberturas de determinadas funções. Esse conjunto de colaboradores será denominado “volantes”. Assim sendo, para que seja possível conceder as férias para

Tabela 5 – Distribuição dos trabalhadores por categoria de função e por agência de atendimento.

Agência	CT	GG	GR	SV	AA
MTZ	4	3	1	0	5
RPC	1	0	0	0	3
NVE	2	1	0	0	2
PRT	2	1	0	0	2
CRZ	3	1	1	1	1
BVL	1	0	0	0	1
STB	1	1	1	0	2
BCC	1	0	0	1	3
ALV	1	1	0	0	3
ITA	3	1	1	0	4
BLZ	0	1	3	0	1
OPT	2	0	2	0	0
CAE	1	1	0	0	2
MAR	1	1	2	0	4
ITO	1	1	0	0	2
NVL	1	1	1	0	2
OUB	0	1	0	0	1

um funcionário, é preciso que se aloque um volante de mesma função no lugar. O volante da função GG é o único que pode realizar a cobertura de uma função diferente, e assim ele pode também cobrir a função GR, que requer habilidades semelhantes. Para as agências que possuem funções gerencias GG, GR ou SV, em alguns casos a cobertura pode ser feita de forma interna, sem a necessidade de se alocar um volante, sendo os casos possíveis:

- **Caso 1:** Se a agência possui as funções GG e GR simultaneamente.
- **Caso 2:** Se agência possui mais de um trabalhador GG ou GR, a cobertura pode ser feita internamente.
- **Caso 3:** a agência possui a função SV e as funções GG ou GR. Nesse caso o SV pode assumir temporariamente as funções de GG ou GR.

Para qualquer um dos casos anteriores, caso o período de férias dos envolvidos não seja paralelo, é possível que a cobertura se dê de forma interna e assim não é necessário um volante. Para as funções de AA e CT sempre é necessário que se use um volante para cobrir as férias.

A empresa abordada neste estudo não possui um dimensionamento de quantos volantes são necessários para fazer todas as coberturas no período de um ano. Esse fato leva à realização de contratações emergenciais de volantes serem comuns, e também existe a situação na qual as férias dos colaboradores precisem se adiadas, devido à indisponibilidade de volantes. Essa situação gera descontentamentos e um acúmulo das necessidades de cobertura para o ano seguinte. A força de trabalho de volantes da Cooperativa atualmente conta com três volantes CT, um volante GG/GR/SV e um volante AA.

Outro ponto a ser destacado é a descentralização da tomada de decisão sobre as coberturas e as concessões de férias, o que acarreta em paralelismos e necessidades de alocação de volantes que poderiam ser evitadas. Atualmente, essa tarefa é realizada focando-se no curto prazo, gerando ao gestor uma necessidade de revisar o planejamento diversas vezes ao longo do ano.

3.1 Modelo

Para resolução do problema, foi implementada uma abordagem que consiste em dois passos. A etapa inicial consistiu em um pré processamento, com o intuito de realizar a alocação das coberturas de férias. No segundo passo foi feito o sequenciamento das férias, através de um modelo matemático.

3.1.1 Restrições

Para que seja viável, o planejamento de concessões de férias e cobertura deve possuir as seguintes características:

- O período máximo para a concessão de férias do trabalhador deve ser respeitado.
- O período de férias não pode ser dividido.
- No prazo de um ano, todos devem tirar férias.
- Todos os casos nos quais a cobertura não pode ser feita de forma interna, necessitam de um volante.
- A cobertura só é permitida se as habilidades do volante forem compatíveis com o cargo em questão.
- Só é permitido ao volante uma cobertura por vez.
- Quando em férias, o volante não pode realizar coberturas.

Além de respeitar as restrições, para um melhor planejamento as seguintes premissas devem ser observadas:

- As coberturas devem ser alocadas de forma a reduzir o deslocamento do volante.
- Cada agência deve conceder o mínimo de férias possíveis de forma simultânea.
- Deve-se utilizar o mínimo de volantes possível.

3.1.2 Pré-Processamento

Para realizar o pré-processamento são necessárias 3 etapas. A etapa 1 consiste na remoção das necessidades de cobertura na definição dos funcionários que não podem ter as férias concedidas simultaneamente. Feito isso, a segunda etapa visa validar se com a atual quantidade de volantes, é possível atender todas as coberturas necessárias no horizonte de planejamento definido. Por último, é preciso realizar a alocação dos volantes aos funcionários.

3.1.3 Remoção da Necessidade de Cobertura

Devido a uma particularidade existente no cenário utilizado nesta pesquisa, esta etapa torna-se necessária. Dentre todas as funções possíveis de se ter nas agências de atendimento, as funções de GR e GG possuem habilidades compatíveis e, assim, caso se tenha ambos em uma mesma agência, pode-se realizar a cobertura internamente. Caso

exista mais de uma pessoa nessas funções dentro da agência, a cobertura mútua também pode ser realizada. Uma agência, que já tenha essas funções, não pode ficar, sem pelo menos uma das duas habilidades em nenhum momento. Por exemplo, uma agência que tenha um GG e um GR não pode ficar sem os dois ao mesmo tempo. Tal procedimento é descrito em ASD-1.

```

ASD-1 ():
1  |  $\mathcal{A}$  = conjunto de agências
2  |  $\mathcal{W}_a$  = a necessidade de cobertura para cada agência  $a \in \mathcal{A}$ 
3  |  $\mathcal{G}_a^S \subseteq \mathcal{W}_a$  = conjunto de Supervisores nas agências  $a \in \mathcal{A}$ 
4  |  $\mathcal{G}_a^R \subseteq \mathcal{W}_a$  = conjunto de Gerentes de Relacionamento nas agências  $a \in \mathcal{A}$ 
5  |  $\mathcal{G}_a^G \subseteq \mathcal{W}_a$  = conjunto de Gerentes Gerais nas agências  $a \in \mathcal{A}$ 
6  | for ( $a \in \mathcal{A}$ ) do
7  |   | if ( $|\mathcal{G}_a^R| + |\mathcal{G}_a^G| + |\mathcal{G}_a^S| \geq 2$ ) then
8  |   |   | Remover ( $\mathcal{G}_a^R \cup \mathcal{G}_a^G \cup \mathcal{G}_a^S$ ) de  $\mathcal{W}_a$ 
   |   | end
   |   | end
   | end
9 return [ $\mathcal{W}_a, \forall a \in \mathcal{A}$ ]

```

Algoritmo 1: Procedimento para remoção de necessidade de coberturas.

3.1.4 Avaliação da capacidade de cobertura

Como forma de se viabilizar a execução do modelo, é preciso que se tenha certeza que a força de trabalho é suficiente, antes de se realizar a alocação. Seja \mathcal{F} o conjunto de funções existentes e \mathcal{M}_f os conjuntos de volantes disponíveis para cada função $f \in \mathcal{F}$, a quantidade máxima de coberturas possíveis em cada função é calculada multiplicando-se a capacidade de cobertura de um volante, pela quantidade de volantes daquela função.

Caso seja constatado que não existem volantes suficientes, o algoritmo cria novos volantes, que serão chamado de artificiais, e de modo prático representam as contratações que são necessárias para que todas as férias sejam concedidas no prazo definido. O procedimento em questão é demonstrado no Algoritmo 2.

3.1.5 Criação do plano de coberturas

Para esta etapa foi realizada uma execução iterativa do Problema de Designação Generalizada. Neste problema, tem-se \mathcal{M} agentes e \mathcal{N} atividades tal que $|\mathcal{M}| < |\mathcal{N}|$, cada atividade deve ser atribuída a somente um agente e cada agente pode executar mais de uma atividade. Este problema teve sua modelagem descrita por (ARENALES et al., 2015)

```

ASD-2 ():
1  |  $\mathcal{F}$  = conjunto de funções
2  |  $\mathcal{M}_f$  = conjunto de volantes para cada função  $f \in \mathcal{F}$ 
3  |  $\mathcal{N}_f$  = conjunto de coberturas para cada função  $f \in \mathcal{F}$ 
4  | for ( $f \in F$ ) do
5  |   | Seja  $q$  a capacidade de cobertura de um volante
6  |   | Defina  $\lambda$  como  $\frac{|\mathcal{N}_f|}{q}$ 
7  |   | if ( $\lambda > |\mathcal{M}_f|$ ) then
8  |   |   | Adicionar  $\lceil \lambda \rceil - |\mathcal{M}_f|$  volantes artificiais ao conjunto  $\mathcal{M}_f$ 
   |   | end
   | end
9 end
return [ $\mathcal{M}_f, \forall f \in \mathcal{F}$ ]

```

Algoritmo 2: Procedimento para viabilização das coberturas.

e apresentada nas equações (3.1-3.4).

$$\min \sum_{i \in \mathcal{M}} \sum_{j \in \mathcal{N}} c_{ij} X_{ij} \quad (3.1)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{M}} X_{ij} = 1, \quad \forall j \in \mathcal{N} \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{N}} a_{ij} X_{ij} \leq b_i, \quad \forall i \in \mathcal{M} \quad (3.3)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in \mathcal{M} \quad \forall j \in \mathcal{N} \quad (3.4)$$

A função objetivo (3.1) minimiza os custos de alocação das atividades aos agentes. As restrições (3.2) definem que toda atividade será executada por somente um agente, já (3.3) define que a capacidade máxima b_i do agente i deve ser respeitada. As restrições (3.4) são de domínio de variáveis. Por fim, as variáveis X_{ij} informam se o agente i recebeu a atividade j .

No cenário desta pesquisa, o conjunto \mathcal{M} de agentes representa os volantes, enquanto conjunto \mathcal{N} de atividades é formado pelas necessidades de cobertura. Os custos c_{ij} são definidos a partir da distância entre a agencia atual do volante e aquela que ele precisa ir posteriormente. Deste modo, a função objetivo (3.1) visa a minimização da distância total que todos os volantes irão percorrer durante a atividade da cobertura de férias.

Para se obter um equilíbrio na carga de trabalho, o número de coberturas realizadas por volantes de mesma função devem ter o máximo possível de proximidade. Para gerar

tal balanceamento, a capacidade b_i de cada agente foi definida segundo a equação (3.5). Os parâmetros a_{ij} foram definidos conforme a equação (3.6). Desta forma, a restrição (3.3) passa a sinalizar o máximo de coberturas que cada volante pode realizar neste contexto.

$$b_i = \frac{|\mathcal{N}|}{|\mathcal{M}|} + 1, \quad \forall i \in \mathcal{M} \quad (3.5)$$

$$a_{ij} = 1, \quad \forall i \in \mathcal{M} \quad \forall j \in \mathcal{N} \quad (3.6)$$

Durante a execução do modelo, o conjunto \mathcal{M} de volantes e o conjunto \mathcal{N} de necessidades de cobertura é definido para cada função que requisita cobertura. O Algoritmo ASD-3 apresenta o procedimento proposto.

ASD-3 ():

```

1  |   $\mathcal{F}$  = conjunto de funções
2  |   $\mathcal{M}_f$  = conjunto de volantes para cada função  $f \in \mathcal{F}$ 
3  |   $\mathcal{N}_f$  = conjunto de coberturas para cada função  $f \in \mathcal{F}$ 
4  |  for ( $f \in F$ ) do
5  |  |   Defina  $\mathcal{M}_f$  como  $\mathcal{M}$ 
6  |  |   Defina  $\mathcal{N}_f$  como  $\mathcal{N}$ 
7  |  |   Defina  $b_i, \forall i \in \mathcal{M}$  como informado na equação (3.5)
8  |  |   Defina  $a_{ij}, \forall i \in \mathcal{M}, \forall j \in \mathcal{N}$  como informado na equação (3.6)
9  |  |   Resolva o problema de designação generalizada
10 |  |   Defina  $\Theta_f$  como o resultado obtido pelo modelo
    |  end
    end
11 return [ $\Theta_f, \forall f \in \mathcal{F}$ ]

```

Algoritmo 3: Procedimento iterativo para atribuição das coberturas.

3.1.6 Sequenciamento de Férias

Para o sequenciamento das férias foram utilizadas como base as premissas do *Job Shop Scheduling*. Nesse modelo, têm-se \mathcal{N} tarefas a serem executadas em \mathcal{R} recursos e por \mathcal{J} operadores. Neste problema, considera-se como tarefa a concessão de férias, os trabalhadores que serão beneficiados são os recursos e os volantes os operadores. Partindo-se dessa base, é possível se descrever o sequenciamento das férias como:

- Conjuntos

W : Conjunto de Funcionários

I : Conjunto de Inviabilidades Internas (formado pelos casos de férias na mesma agência)

E : Conjunto de Inviabilidades Externas (cobertura de volante)

- Parâmetros

d_i : Tempo que o funcionário fica de férias

D^{max} : Último dia no ano disponível para se tirar férias

D^{min} : Primeiro dia disponível para se tirar férias

- Variáveis

f_i : Variável contínua que mostra a data de retorno de férias do funcionário i

p_{ij} : Variável binária que informa se existe paralelismo entre as férias do funcionário i e j

$A1_{ij}$: Variável Binária Auxiliar

$A2_{ij}$: Variável Binária Auxiliar

$$f_i - f_j + d_j \leq M * A1_{ij} \quad \forall i \in W, \forall j \in W, i \neq j \quad (3.7)$$

$$f_j - f_i + d_i \leq M * A2_{ij} \quad \forall i \in W, \forall j \in W, i \neq j \quad (3.8)$$

$$A1_{ij} + A2_{ij} - 1 \leq p_{ij} \quad \forall i \in W, \forall j \in W, i \neq j \quad (3.9)$$

$$A1_{ij} + A2_{ij} \geq 2 * p_{ij} \quad \forall i \in W, \forall j \in W, i \neq j \quad (3.10)$$

$$p_{ij} \leq 0 \quad \forall (i, j) \in (\psi^1 \cup \psi^2 \cup \psi^3) \quad (3.11)$$

$$f_i \leq D^{max} \quad \forall i \in W \quad (3.12)$$

$$f_i - d_i \geq D^{min} \quad \forall i \in W \quad (3.13)$$

As restrições 3.7 e 3.8 visam realizar o sequenciamento das férias. Já 3.9 e 3.10, realizam o tratamento dos casos que as variáveis auxiliares $A1_{ij}$ e $A2_{ij}$ puderem assumir mais de um valor nas equações 3.7 e 3.8. Dessa forma, será forçado que elas se fixem em 0 ou 1, dependendo da situação. Em 3.11 o foco é garantir nos grupos que o paralelismo não é permitido, que essa situação não ocorra. Os conjuntos ψ , que são responsáveis por

armazenar as tuplas de paralelismos que não podem ocorrer, são gerados baseados em três decisões: ψ^1 é formado pelas relações de não paralelismos decorrentes das decisões de coberturas. Se dois trabalhadores serão cobertos pelo mesmo volante, eles não podem sair de férias ao mesmo tempo. ψ^2 é formado pelos trabalhadores que se enquadram nos casos em que é possível que coberturas sejam realizadas de forma interna na agência, ou seja, sem a alocação de um volante. O ψ^3 é formado pelas relações de não paralelismo interno à agência de atendimento. A restrição 3.12 garante que a data de retorno vai ser menor que o último dia disponível, respeitando assim o prazo de 1 ano. A função de 3.13 é a de fazer com que as férias só comecem a partir do primeiro dia disponível para esse fim.

4 Resultados

Para execução dos testes computacionais foi utilizada uma máquina com as seguintes configurações: processador Intel(R) Core(TM) i5-7200U 2.5GHz, 8 GB de memória RAM DDR31600 MHz e sistema operacional Ubuntu 16.04. Além disso os códigos foram implementados em Python 2.7 e para solução dos modelos o *solver* comercial Gurobi Optimizer. O tempo de resolução obtido foi de 5,3 segundos.

O modelo criado conseguiu resolver o problema da empresa. Durante a execução, foi necessária a adição de 3 volantes artificiais, para viabilizar o problema. Na prática, os trabalhadores que tiveram suas coberturas vinculadas a volantes artificiais, não poderiam ter suas férias concedidas no horizonte de planejamento definido. Sendo assim, essa criação serve para demonstrar ao gestor o número de contratações necessárias e em quais cargos quais os cargos. O número de coberturas que foi alocada para cada volante, e as respectivas taxas de ocupação pode ser observada na Tabela 6 . Nenhum volante realizou mais coberturas do que o permitido, e para um mesmo cargo, a taxa de utilização pode ser considerada equilibrada. Além do atendimento de todas as férias, todos os volantes ficaram com uma taxa de utilização abaixo do máximo permitido, o que garante ao gestor, em caso de imprevistos, a possibilidade de remanejar esse volante.

A Figura 2 demonstra as quantidades de concessões de férias mensais para o modelo proposto e para a abordagem manual, adotada pela empresa e aplicada no último período de planejamento. Para esse aspecto, destaca-se que com a abordagem proposta, a quantidade de concessões por mês apresentou uma maior estabilidade ao longo do ano. Para critério de comparação, no último período de planejamento, a empresa conseguiu conceder férias a somente 58% de sua força de trabalho, ou seja, 53 dos 92 funcionários.

Em relação aos paralelismos durante a concessão de férias, o método se mostrou

Tabela 6 – Número de coberturas realizadas e taxa de ocupação dos volantes reais e artificiais.

Volante	Categoria	Coberturas	Ocupação
Volante 1	CT	8	67%
Volante 2	CT	9	75%
Volante 3	CT	8	67%
Volante 4	GG/GR/SV	6	50%
Volante 5	AA	10	83%
Artificial 1	AA	10	83%
Artificial 2	AA	10	83%
Artificial 3	AA	8	67%

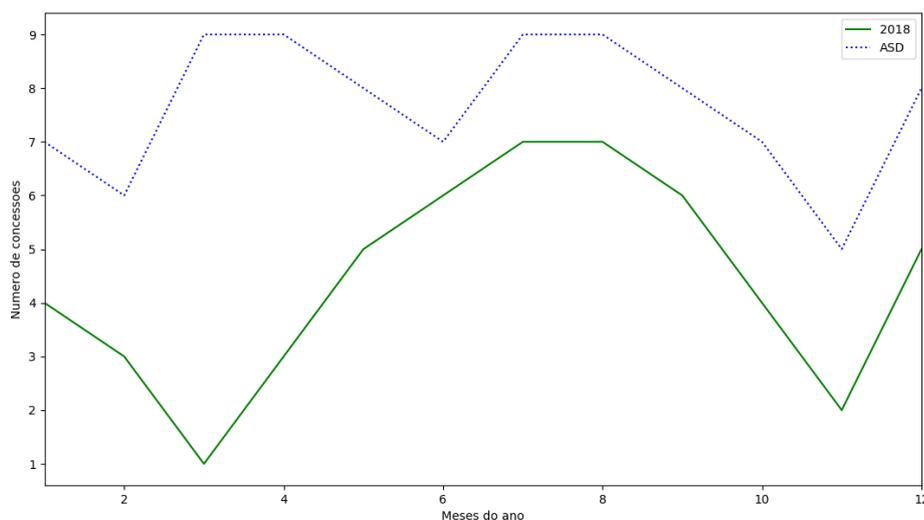


Figura 2 – Numero de Concessões ao longo do período de planejamento

eficiente, minimizando esse tipo de ocorrência em uma mesma agência de atendimento. A Tabela 4 mostra a quantidade mínima e máxima de concessões feitas em cada agência, ao longo do ano. Vale destacar que, o caso no qual foi observado um valor superior a uma concessão já era esperado, devido à quantidade de funcionários dessa agência ser superior à quantidade de meses do ano.

Para os casos nos quais a cobertura poderia ser feita sem a utilização de volantes o modelo se demonstrou eficiente. Esse cenário acontece com os profissionais dos cargos de gerência (Gerente Geral e Gerente de Relacionamento) e os supervisores. Em um ambiente com 29 trabalhadores nestas categorias, em apenas 6 casos o volante foi utilizado, demonstrando a priorização das coberturas internas.

Em relação aos locais de alocação dos volantes, foi observado que na maior parte dos casos ocorreu uma priorização de volantes dentro de determinada agência, reduzindo assim os deslocamentos. A alocação para todas as agências está disponível no apêndice A. Foi observado que em alguns casos todas as pessoas de função AA dentro de uma agência foram cobertas por volantes artificiais. Alguns exemplos são a agência de ITA, evidenciada na Tabela 15 e a agência de MAR na Tabela 17. Na prática, isso demonstra que caso não ocorram contratações, essas pessoas teriam suas férias adiadas. Vale destacar que atualmente existe apenas um volante de função AA, para 38 funcionários efetivos desse cargo. Para fins de comparação, no sistema atual seriam necessários mais de 3 anos para que todas as pessoas AA entrassem de férias, reforçando assim a gravidade da situação.

Tabela 7 – Momentos de concessões e cobertura de férias das funções de gerência e supervisão.

Agência	Função	Cobertura	Início	Fim
ALV	GG	Volante 4	01/05/19	30/05/19
BCC	SV	-	29/08/19	27/09/19
BLZ	GG	-	01/04/19	30/04/19
BLZ	GR	-	01/12/19	30/12/19
BLZ	GR	-	02/03/19	31/03/19
BLZ	GR	-	01/01/19	30/01/19
CAE	GG	Volante 4	02/09/19	01/10/19
CRZ	GG	-	02/10/19	31/10/19
CRZ	GR	-	02/09/19	01/10/19
CRZ	SV	-	05/05/19	03/06/19
ITA	GG	-	03/08/19	01/09/19
ITA	GR	-	01/05/19	30/05/19
ITO	GG	Volante 4	01/04/19	30/04/19
MAR	GG	-	04/07/19	02/08/19
MAR	GR	-	01/12/19	30/12/19
MAR	GR	-	01/11/19	30/11/19
MTZ	GG	-	05/04/19	04/05/19
MTZ	GG	-	04/06/19	03/07/19
MTZ	GG	-	03/08/19	01/09/19
MTZ	GR	-	31/01/19	01/03/19
NVE	GG	Volante 4	02/03/19	31/03/19
NVL	GG	-	01/12/19	30/12/19
NVL	GR	-	04/07/19	02/08/19
OPT	GR	-	03/08/19	01/09/19
OPT	GR	-	02/09/19	01/10/19
OUB	GG	Volante 4	01/12/19	30/12/19
PRT	GG	Volante 4	02/10/19	31/10/19
STB	GG	-	03/08/19	01/09/19
STB	GR	-	04/07/19	02/08/19

Tabela 8 – Valores mínimos* e máximos de concessões de férias mensais aplicadas nas agências de atendimento.

Agência	Mínimo	Máximo
MTZ	1	2
RPC	1	1
NVE	1	1
PRT	1	1
CRZ	1	1
BVL	1	1
STB	1	1
BCC	1	1
ALV	1	1
ITA	1	1
BLZ	1	1
OPT	1	1
CAE	1	1
MAR	1	1
ITO	1	1
NVL	1	1
OUB	1	1

*Os valores mínimos apresentados desconsideram os meses em que não houveram concessões.

5 Conclusão

A partir de uma abordagem mista, utilizando modelos matemáticos e heurísticas, foi possível obter uma solução considerada viável para o problema apresentado, demonstrando que um algoritmo híbrido é capaz de resolver a alocação e sequenciamento de férias.

Os resultados obtidos foram apresentados para a gerência da empresa e validados, demonstrando que o método possui uma aplicação prática. Outro ponto de destaque é que a abordagem computacional conseguiu uma resolução em tempo satisfatório, proporcionando ao gestor responsável um menor gasto de tempo nessa tarefa e a possibilidade de utilizar esse tempo em outras atividades pertinentes.

Vale destacar que nessa pesquisa o aspecto da incerteza não foi abordado. Trazendo para aspectos práticos, temos como exemplo de incerteza o afastamento de um funcionário, por exemplo. O que levaria à necessidade de se alocar um volante em caráter emergencial. Além disso essas incertezas podem levar a uma necessidade de se fazer adaptações no plano de cobertura ao longo do ano, o que gera a necessidade de que o plano de férias sofra revisões e alterações ao longo do ano. Assim, para futuras pesquisas sugere-se a consideração das incertezas ao longo do período de planejamento.

Outros aspectos que são pertinentes de serem abordados em futuras pesquisas são aspectos relacionados à legislação nacional, que influenciam na data de concessão das férias, por exemplo. Além desse fator, para reduzir ainda mais os deslocamentos dos volantes, sugere-se que futuras abordagens sejam modeladas de forma que um volante realize todas as concessões possíveis dentro de uma agência e só depois ele mude.

Apesar das necessidades de melhorias, o modelo proposto nessa pesquisa foi considerado pelos gestores da Cooperativa de Crédito como sendo viável e passível de aplicação.

6 Produtos Gerados

A partir da pesquisa deste trabalho, foram gerados os seguintes trabalhos:

- Workforce Management and Vacation Planning: A Case Study in Bank Branches - Aprovado para publicação no periódico Exacta EP - Qualis B4
- Gestão da Força de Trabalho e Planejamento de Férias: Um estudo de caso em agências bancárias - Publicado no SPOLM do ano de 2019

Referências

- ALFARES, H. K. Survey, categorization, and comparison of recent tour scheduling literature. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 127, n. 1-4, p. 145–175, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- ARENALES, M. et al. *Pesquisa operacional: para cursos de engenharia*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2015. Citado na página 24.
- BAKER, K. R. Workforce allocation in cyclical scheduling problems: A survey. *Journal of the Operational Research Society*, Taylor & Francis, v. 27, n. 1, p. 155–167, 1976. Citado na página 18.
- BARD, J. F.; BINICI, C. et al. Staff scheduling at the united states postal service. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 30, n. 5, p. 745–771, 2003. Citado na página 13.
- BECHTOLD, S. E.; BRUSCO, M. J.; SHOWALTER, M. J. A comparative evaluation of labor tour scheduling methods. *Decision Sciences*, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 683–699, 1991. Citado na página 18.
- BERGH, J. Van den et al. Personnel scheduling: A literature review. *European journal of operational research*, Elsevier, v. 226, n. 3, p. 367–385, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- BHULAI, S.; KOOLE, G.; POT, A. Simple methods for shift scheduling in multiskill call centers. *Manufacturing & Service Operations Management*, INFORMS, v. 10, n. 3, p. 411–420, 2008. Citado na página 13.
- BURKE, E. K. et al. The state of the art of nurse rostering. *Journal of scheduling*, Kluwer Academic Publishers, v. 7, n. 6, p. 441–499, 2004. Citado na página 13.
- DANTZIG, G. B. Letter to the editor—a comment on edie’s “traffic delays at toll booths”. *Journal of the Operations Research Society of America*, INFORMS, v. 2, n. 3, p. 339–341, 1954. Citado na página 18.
- EDIE, L. C. Traffic delays at toll booths. *Journal of the operations research society of America*, INFORMS, v. 2, n. 2, p. 107–138, 1954. Citado na página 18.
- ERNST, A. T. et al. An annotated bibliography of personnel scheduling and rostering. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 127, n. 1-4, p. 21–144, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 20.
- ERNST, A. T. et al. Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European journal of operational research*, Elsevier, v. 153, n. 1, p. 3–27, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 13, 15, 18 e 19.
- JUNIOR, M. A. B.; ROCCO, C. D.; LIMA, A. L. B. Gestao da forza de trabalho e planejamento de férias: Um estudo de caso em agências bancarias. *Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 15.

- KNUST, S.; SCHUMACHER, E. Shift scheduling for tank trucks. *Omega*, Elsevier, v. 39, n. 5, p. 513–521, 2011. Citado na página 13.
- KOHL, N.; KARISCH, S. E. Airline crew rostering: Problem types, modeling, and optimization. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 127, n. 1-4, p. 223–257, 2004. Citado na página 13.
- MORABITO, R. et al. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 9, 15 e 16.
- SADEGHI-DASTAKI, M.; AFRAZEH, A. A two-stage skilled manpower planning model with demand uncertainty. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, Emerald Publishing Limited, v. 11, n. 4, p. 526–551, 2018. Citado na página 15.
- SEBRAE. *Anuário do trabalho na micro e pequena empresa 2013*. [S.l.]: DIEESE Brasília-DF, 2013. Citado na página 13.
- SOLOS, I. P.; TASSOPOULOS, I. X.; BELIGIANNIS, G. N. Optimizing shift scheduling for tank trucks using an effective stochastic variable neighbourhood approach. *Int. J. Artif. Intell.*, v. 14, n. 1, p. 1–26, 2016. Citado na página 13.
- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI*, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 15, 16 e 17.

Apêndices

APÊNDICE A – Tabelas com os momentos de concessão para todas as agências da Cooperativa

Tabela 9 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ALV por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
MAR	AA	Artificial 1	02/03/19	31/03/19
MAI	GG	Volante 4	01/05/19	30/05/19
MAI	AA	Artificial 1	31/05/19	29/06/19
JUN	CT	Volante 2	30/06/19	29/07/19
OUT	AA	Volante 2	2/10/19	31/10/19

Tabela 10 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BCC por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	CT	Volante 2	31/01/19	01/03/19
ABR	AA	Artificial 1	01/04/19	30/04/19
MAI	AA	Artificial 1	01/05/19	30/05/19
JUN	AA	Artificial 1	30/06/19	29/07/19
JUL	AA	Artificial 1	30/07/19	28/08/19
AGO	SV	-	29/08/19	28/09/19

Tabela 11 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BHZ por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	GR	-	01/01/19	30/01/19
JAN	CT	Artificial 2	31/01/19	01/03/19
MAR	GR	-	02/03/19	31/03/19
ABR	GG	-	01/04/19	30/04/19
DEZ	GR	-	01/12/19	30/12/19

Tabela 12 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência BVL por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
MAR	CT	Volante 2	02/03/19	31/04/19
DEZ	AA	Artificial 1	01/12/19	30/12/19

Tabela 13 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência CAE por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
ABR	CT	Volante 3	01/04/19	30/05/19
MAI	AA	Artificial 2	05/05/19	03/06/19
JUN	CT	Artificial 2	04/06/19	03/07/19
SET	GG	Volante 4	02/09/19	01/10/19

Tabela 14 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência CRZ por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	CT	Volante 2	01/01/19	30/01/19
JAN	AA	Artificial 1	31/01/19	01/03/19
MAI	SV	-	05/05/19	03/06/19
JUN	CT	Volante 1	04/06/19	03/07/19
AGO	CT	Volante 2	03/08/19	01/09/19
SET	GR	-	02/09/19	01/10/19
OUT	GG	-	02/10/19	31/10/19

Tabela 15 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ITA por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
MAR	AA	Artificial 2	02/03/19	31/03/19
ABR	CT	Volante 2	01/04/19	30/04/19
MAI	GR	-	01/05/19	30/05/19
JUN	CT	Volante 2	31/05/19	29/06/19
AGO	AA	Artificial 2	04/07/19	02/08/19
SET	GG	-	03/08/19	01/09/19
OUT	CT	Volante 2	02/09/19	01/10/19
NOV	AA	Artificial 2	01/11/19	30/11/19
DEZ	AA	Artificial 2	01/12/19	30/12/19

Tabela 16 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência ITO por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
MAR	AA	Artificial 3	02/03/19	30/03/19
ABR	GG	Volante 4	01/04/19	30/04/19
AGO	CT	Volante 3	05/05/19	03/06/19
SET	AA	Artificial 3	02/09/19	01/10/19

Tabela 17 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência MAR por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	AA	Artificial 2	01/01/19	30/01/19
MAR	CT	Volante 3	02/03/19	01/04/19
ABR	AA	Artificial 2	01/04/19	30/04/19
JUL	GG	-	04/07/19	02/08/19
AGO	AA	Artificial 2	03/08/19	01/09/19
OUT	AA	Artificial 3	02/10/19	31/10/19
NOV	GR	-	01/11/19	30/11/19
DEZ	GR	-	01/12/19	30/12/19

Tabela 18 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência MTZ por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	AA	Volante 5	01/01/19	30/01/19
JAN	CT	Volante 1	01/01/19	30/01/19
JAN	GR	-	31/01/19	01/03/19
MAR	CT	Volante 1	06/03/19	04/04/19
ABR	GG	-	05/04/19	04/05/19
MAI	AA	Volante 5	05/05/19	03/06/19
JUN	GG	-	04/06/19	03/07/19
JUL	AA	Volante 5	04/07/19	02/08/19
JUL	CT	Volante 1	04/07/19	02/08/19
AGO	CT	Volante 1	03/08/19	01/09/19
AGO	GG	-	03/08/19	01/09/19
SET	AA	Volante 5	02/09/19	01/10/19
OUT	AA	Volante 5	02/10/19	31/10/19

Tabela 19 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência NVE por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	CT	Volante 1	31/01/19	01/03/19
MAR	GG	Volante 4	02/03/19	31/03/19
ABR	AA	Volante 5	01/04/19	30/04/19
DEZ	CT	Volante 1	01/12/19	30/12/19

Tabela 20 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência NVL por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	CT	Volante 3	01/01/19	30/01/19
MAI	AA	Artificial 3	05/05/19	03/06/19
JUN	AA	Artificial 3	04/06/19	03/07/19
JUL	GR	-	04/07/19	02/08/19
DEZ	GR	-	01/12/19	31/12/19

Tabela 21 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência OPT por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
AGO	GR	-	03/08/19	01/09/19
SET	GR	-	02/09/19	01/10/19
OUT	CT	Volante 2	02/10/19	31/10/19
NOV	CT	Volante 2	01/11/19	30/11/19

Tabela 22 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência OUB por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JUL	AA	Artificial 3	04/07/19	02/08/19
DEZ	GR	Volante 4	01/12/19	31/12/19

Tabela 23 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência PRT por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	AA	Artificial 1	01/01/19	30/01/19
ABR	CT	Volante 1	05/04/19	04/05/19
MAI	CT	Volante 1	05/05/19	03/06/19
OUT	GG	Volante 4	02/10/19	31/10/19
DEZ	AA	Volante 5	01/12/19	30/12/19

Tabela 24 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência RP por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JAN	AA	Volante 5	31/01/19	01/03/19
MAR	AA	Volante 5	02/03/19	31/03/19
JUN	AA	Volante 5	04/06/19	03/07/19
NOV	CT	Volante 1	01/11/19	30/11/19

Tabela 25 – Momentos de concessões e cobertura de férias da agência STB por período.

Período	Função	Cobertura	Início	Fim
JUL	GR	-	04/07/19	02/08/19
AGO	GG	-	03/08/19	01/09/19
SET	AA	Artificial 1	02/09/19	01/10/19
OUT	AA	Artificial 1	02/10/19	31/10/19
DEZ	CT	Volante 2	01/12/19	30/12/19

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, André Luiz Barbosa Lima declaro que o texto do trabalho de conclusão de curso intitulado "*Aplicação de um algoritmo híbrido para Alocar as Férias em uma Cooperativa de Crédito do Estado de Minas Gerais*" é de minha inteira responsabilidade e que não há utilização de texto, material fotográfico, código fonte de programa ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem as devidas referências ou consentimento dos respectivos autores.

João Monlevade, 28 de novembro de 2019

André Luiz B. Lima

André Luiz Barbosa Lima