



Um modelo de programação linear inteira mista para a alocação de funcionários de uma empresa de software

A mixed integer linear programming model for the allocation of employees in a software company

Matheus Miranda Adams ¹

Dalessandro Soares Vianna ²

Marcilene de Fátima Dianin Vianna ³

Resumo

O objetivo é desenvolver um modelo de programação linear inteira mista para alocação de funcionários a visitas de clientes da empresa Alterdata (filial Macaé/RJ), o qual foi solucionado utilizando o Solver LINGO. Para validação do modelo proposto, foram preparados cinco cenários, os quais possuem perfis inferiores, similares e superiores à realidade diária da empresa. Os experimentos computacionais realizados mostraram um desempenho satisfatório da solução proposta, atendendo, em média 73,7% (mínimo de 56% e máximo de 84%) dos clientes disponíveis – pelo método manual atualmente empregado pela Alterdata, esta alocação costuma ficar abaixo de 60% –. Não foram encontrados trabalhos equivalentes na literatura científica. Desta forma, o modelo matemático proposto é original e inovador para a área. A solução proposta gera uma redução de custo no deslocamento dos funcionários, e possibilita o atendimento de uma quantidade maior de clientes em um

¹ Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais, Universidade Federal Fluminense, R. Mario Santos Braga, 30, Centro, Niterói - RJ, CEP: 24020-140. E-mail: matheusadams@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7592-4169>

² Doutorado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Universidade Federal Fluminense, R. Mario Santos Braga, 30, Centro, Niterói - RJ, CEP: 24020-140.
E-mail: dalessandrovianna@id.uff.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0388-4131>

³ Doutorado em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade Federal Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes - RJ, CEP: 28013-602. E-mail: marcilenedianin@id.uff.br

determinado período. Além disso, tem-se o ganho de qualidade de vida do funcionário, pois ao consumir um menor tempo em seu deslocamento residência-empresa-residência, há mais tempo para se dedicar a sua vida pessoal. O modelo, desenvolvido para a filial de Macaé, pode ser facilmente adaptado para as outras filiais da Alterdata e para outras empresas que apresentam necessidades semelhantes.

Palavras-chave: Problema de Alocação de Funcionários. Problema de Designação Generalizada. Programação Linear Inteira Mista. Logística. Fidelização de Clientes.

Abstract

The objective is to develop a mixed linear integer programming model for allocating employees to company Alterdata (Macaé/RJ) customer visits, which was solved using Solver LINGO. For validation of the proposed model, scenarios with profiles inferior, similar and superior to daily reality of the company were prepared. Computational experiments showed a satisfactory performance of the proposed solution, serving, on average, 73.7% (minimum of 56% and maximum of 84%) of available customers – by Alterdata current manual method, this allocation is usually below 60 % –. No equivalent works were found in scientific literature. Thus, the proposed mathematical model is original and innovative for the area. The proposed solution generates an employee displacement cost reduction, increases the number of clients served and improves employee's quality of life. The model, developed for the Macaé city, can be easily adapted to other Alterdata branches and to other companies that have similar needs.

Keywords: Staff Members Allocation Problem. Generalized Assignment Problem. Mixed Integer Linear Problem. Logistics. Customer Retention.

Introdução

O forte crescimento tecnológico ocorrido nos últimos anos tem aumentado a competitividade entre as empresas. Essa concorrência motiva constantes melhorias de processos e procura por mão de obra qualificada visando o aumento na qualidade de produtos e serviços, além da redução de custos. Segundo Oliveira (2001), a capacitação tecnológica é um conjunto que engloba desde habilidade individual até a capacidade de integração e sinergia das firmas, envolvendo perícia e especialidade técnica, gerencial e institucional. Portanto, depende, dentre outras coisas, de educação e treinamento. É por intermédio da capacitação

que uma nação ou região poderá assimilar os novos conhecimentos e aplicá-los à produção, assim como poderá criar um ambiente favorável à inovação tecnológica.

Segundo Matesco e Tafner (1996), nesse contexto, a partir de 1990, em reforço às medidas iniciais empregadas em 1988 quando, através do Decreto-Lei no 2.433, de 15/5/88, foi criado um conjunto de incentivos específicos para estimular o desenvolvimento tecnológico, conhecido como “Nova Política Industrial”, na qual se ajustam novas medidas adicionais voltadas à redução de barreiras não-tarifárias, à desregulamentação da concorrência interna e à eliminação de entraves ao capital estrangeiro, sendo redesenhado o aparato institucional de suporte ao desenvolvimento científico e tecnológico do país.

Baseando-se nessa nova fase, as empresas estão investindo em sistemas de gestão integrados, os quais oferecem informações privilegiadas e mais fidedignas, possibilitando tomadas de decisão mais assertivas. Esses sistemas permitem associar e melhorar processos internos de diferentes setores, tais como: financeiro, gestão de vendas, contábil e recursos humanos.

Contudo, apesar desses investimentos, as empresas ainda vivenciam problemas relacionados à logística, reverberando gastos desnecessários de tempo e dinheiro, isso porque seus processos e/ou atividades estão mal planejados e mal estruturados. É necessário rever e aperfeiçoar os métodos logísticos para que a empresa alcance uma melhoria na sua qualidade de prestação de serviço.

O objeto desse estudo é o problema de alocação de funcionários da empresa Alterdata que prestam serviços externos, em sua maioria nos comércios e empresas que adquirem os sistemas de gestão comercializados pela empresa. Tais funcionários executam as tarefas de visitação, implementação, treinamento e suporte, sendo direcionados por um setor que organiza de forma manual (através do recurso de uma agenda virtual) as referidas alocações. O processo utilizado, além de ser limitado, inviabiliza a possibilidade de uma análise mais ampla acerca do traslado dos funcionários e seus gastos. No cenário da empresa Alterdata, o problema de alocação de funcionários externos tem sido um grande desafio, devido a esta não possuir um planejamento para tratar os dados e analisar a melhor ou as melhores alternativas, assim comumente gerando gargalos e gastos inesperados.

Fundada em 1989 na cidade de Teresópolis no estado do Rio de Janeiro, a Alterdata possui uma estrutura de atendimento que cobre todo o Brasil. São dezenas de escritórios espalhados por todo território nacional, com centenas de colaboradores⁴ diretos e indiretos

⁴ Funcionários da empresa Alterdata que exercem a função de suporte externo na empresa.

especializados e continuamente preparados, visando o melhor suporte aos clientes de diversos segmentos. Ao adquirir um *software* da Alterdata, a empresa contratante passa a dispor de uma estrutura de apoio que visa suprir as necessidades do cliente garantindo tranquilidade nos negócios, objetivando contribuir para que seus clientes possam alcançar os melhores resultados, cumprindo assim as normas vigentes.

A Alterdata é uma das maiores *softwarehouse*⁵ do Brasil (TIRIO, 2020), a qual desenvolve sistemas computacionais para os ramos *offshore*, contabilidade e varejo. Contudo, os usuários do sistema necessitam receber uma capacitação visando o aprendizado do software. É comum observar que o grau de complexidade apresentado nos sistemas muitas vezes requer um grau de conhecimento maior por parte de seus usuários. Nesse sentido, a análise dos impactos dessas ferramentas no cotidiano das empresas faz com que a Alterdata elabore um planejamento diário e contínuo, disponibilizando um técnico responsável para transportar o conhecimento, capacitando os funcionários da empresa que adquiriu os softwares desenvolvidos pela Alterdata.

Com a constante determinação em atender os clientes de maneira rápida e eficiente, a empresa Alterdata dispõe de funcionários para trabalho exclusivamente externo, atendendo diretamente o cliente em seu estabelecimento. Todo deslocamento realizado pelo funcionário entre os clientes é de responsabilidade da própria empresa.

Cada filial da Alterdata tem o compromisso de realizar a alocação do seu quadro de funcionários aos seus clientes; dependendo da demanda regional, uma filial pode atender uma ou mais cidades. Atualmente na filial Macaé, no estado do Rio de Janeiro, a qual atende além deste município, outros municípios vizinhos – Rio das Ostras, Conceição de Macabu, Carapebus e Quissamã –, o planejamento não é realizado de maneira ideal, encaminhando técnicos para áreas distantes de sua localidade residencial ou até mesmo o agendamento de visitas em dois municípios para o mesmo funcionário no mesmo dia. Esta problemática gera para a empresa um gasto, muitas vezes desnecessário, com transporte e alimentação que poderia ser minimizado com maior e melhor planejamento.

A Alterdata trabalha com três tipos de visita (cada uma com finalidades diferentes): visita de suporte, visita cafezinho e visita de implantação. A visita de suporte tem como objetivo auxiliar o cliente com algum obstáculo junto ao sistema ou algum ponto que o mesmo esteja com dificuldade e necessite de uma ida do colaborador ao estabelecimento para que presencialmente seja resolvida a situação em questão. A visita cafezinho tem o intuito de

⁵ Termo em inglês utilizado para mencionar empresas de desenvolvimento de software.

coletar informações de possíveis insatisfações referentes ao sistema e também oportuniza uma abertura para oferecer uma demonstração de novos produtos criados pela própria empresa. Por último, a visita implantação tem o propósito de realizar a instalação, a configuração e o treinamento do sistema adquirido pelo cliente, capacitando o mesmo a realizar todas as operações que o software possui com total domínio.

Os funcionários são organizados para atender as respectivas linhas de softwares: contábil, *offshore* e gestão comercial. Pode-se atender no mínimo uma linha, no entanto, o colaborador (funcionário) pode ser capacitado para atender todas, facilitando ainda mais o planejamento das futuras alocações para os clientes.

Todos os funcionários trabalham em uma carga horária de 8 horas diárias. O dia é organizado de forma com que as visitas e os deslocamentos ao todo somem o tempo de trabalho; claramente quanto mais deslocamentos o funcionário tiver no dia menos proveitoso será seu dia de trabalho. Na Figura 1 é organizado um modelo de um dia de trabalho com um colaborador que reside na cidade de Macaé e seus clientes para aquele respectivo dia estão na cidade de Rio das Ostras. Ao fim do dia de trabalho, o colaborador conseguiu atender três clientes e usou duas horas do seu dia para se deslocar.

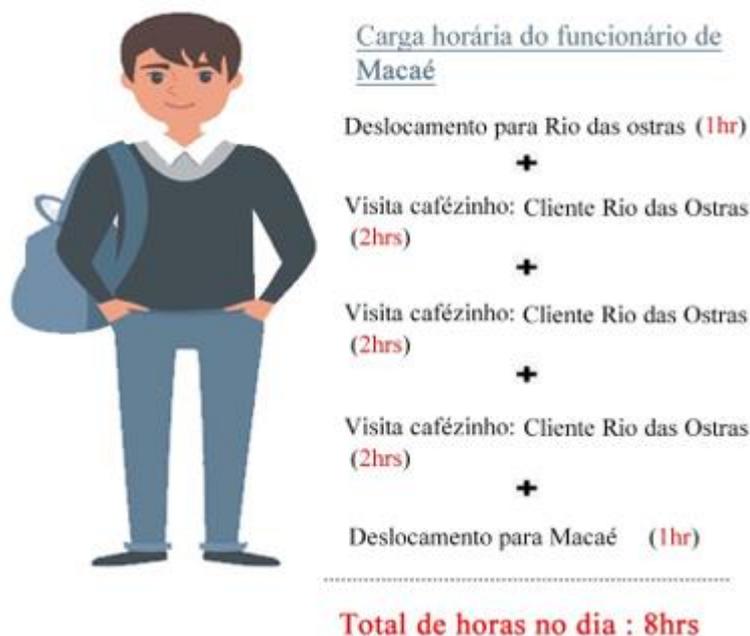


Figura 1 – Carga horária do colaborador de Macaé.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 2 apresenta o mesmo modelo de dia de trabalho com as mesmas visitas da Figura 1 porém o funcionário já reside na cidade de Rio das Ostras. Ao final do dia se tem

quatro clientes atendidos e não foi necessário utilizar horas de trabalho para deslocamento. Claramente é obtido um aproveitamento melhor de tempo de trabalho do segundo colaborador.

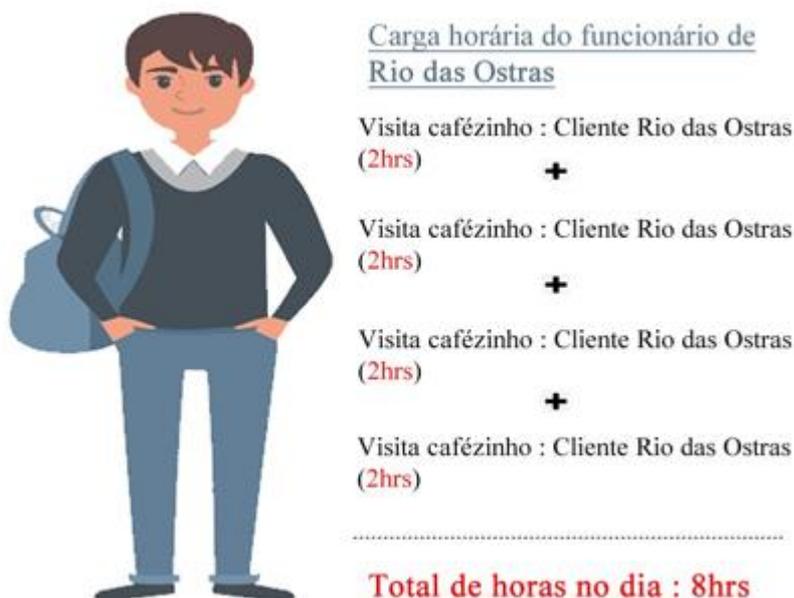


Figura 2 – Carga horária do colaborador de Rio das Ostras.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Periodicamente a empresa recebe informações dos clientes a serem visitados. As visitas são marcadas com antecedência para que haja uma elaboração da rota que o colaborador irá percorrer, com a restrição de alocar no mesmo dia o analista para visitas em clientes com linhas iguais de software. A Figura 3a representa a maneira correta de como o colaborador deve ser alocado, diferente da Figura 3b, na qual se tem um mesmo analista alocado em sistemas diferentes. Se um colaborador é designado a visitar um cliente da área de contabilidade, todas as outras visitas agendadas para o funcionário, neste dia, terão que ser para clientes desse ramo. Caso seja visita de suporte, podem ser alocados até dois clientes no mesmo dia; se for visita cafezinho, aloca-se até quatro; porém se for visita implantação, é marcado somente um por dia.

Se essas visitas forem concluídas com sucesso e os objetivos alcançados, as mesmas serão encerradas e os clientes atendidos são acompanhados através do *spy*⁶ para notificar a empresa caso haja algum outro problema. Porém, se ocorrer algum contratempo e não forem concluídas as atividades, é reagendada uma nova visita até que o problema ou a situação esteja

⁶ Ferramenta de envio automático de e-mails para os colaboradores contendo informações atualizadas sobre o status do seu atendimento realizado.

concluída; conseqüentemente o colaborador terá que se descolar novamente para o cliente, gerando assim um custo extra.

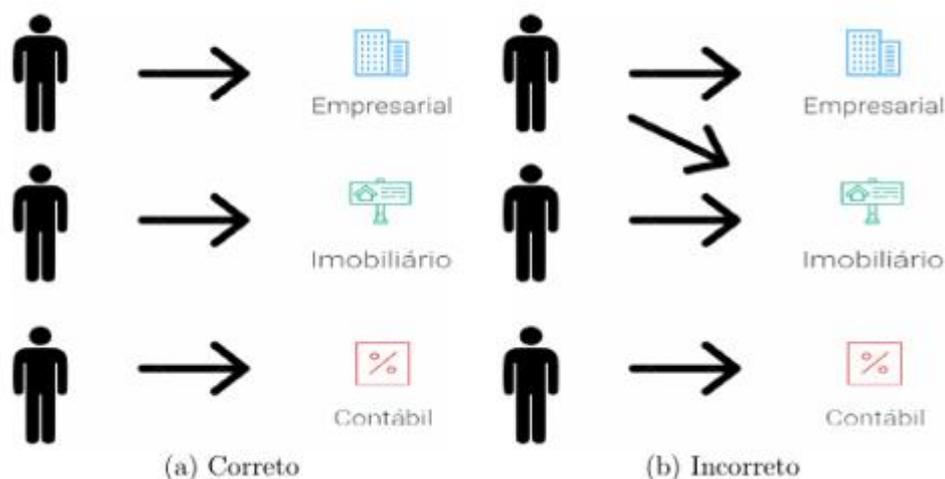


Figura 3 – Forma de alocação do analista com a linha de produto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Objetiva-se com esse trabalho desenvolver um modelo matemático para a alocação de colaboradores a clientes da empresa Alterdata, o qual deverá produzir uma solução automática de qualidade dentro de um limite de tempo estabelecido.

Com a organização e melhoria dos processos, os ganhos são cada vez mais visíveis. Evoluindo e simplificando o trabalho do colaborador, tem-se um grande proveito quando se trata de organização e pontualidade, passando assim uma imagem positiva para os atuais e futuros clientes, levando uma vantagem na competitividade entre empresas, fidelização de clientes e dedicação dos funcionários.

Economia de despesas, ganho de tempo e também melhor aproveitamento do colaborador são alguns dos grandes benefícios adquiridos por parte da empresa nesse processo. Conseqüentemente, tal vantagem também atinge o colaborador, que por sua vez tem um período maior para realizar suas atividades, possibilitando ter maior qualidade no seu atendimento, assim como um intervalo de tempo considerável para resolver contratemplos que possam vir a acontecer no decorrer do seu dia, resultando em uma qualidade de trabalho melhor.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos mais próximos ao presente estudo encontrados na literatura científica; a metodologia conduzida para o desenvolvimento da solução proposta é descrita na Seção 3; o modelo de programação linear inteira mista proposto como solução para o problema abordado é

detalhado na Seção 4; a Seção 5 apresenta os resultados dos experimentos computacionais realizados sobre 5 cenários que representam situações inferiores, similares e também superiores ao cenário real encontrado na empresa estudada; e, por fim, são apresentadas na Seção 6 as conclusões do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

Trabalhos Correlatos

O problema abordado neste artigo pode ser associado ao clássico problema da literatura científica denominado “problema de designação generalizada” (GAP – *generalized assignment problem*). Este problema tem como objetivo encontrar a solução de menor custo (ou maior benefício) durante a alocação de n tarefas para m agentes. No caso do problema abordado, deve-se alocar a visitação das n empresas (clientes) aos m colaboradores (funcionários) disponíveis, respeitando as restrições reais inerentes ao problema.

Nesta seção, foi realizada uma busca na literatura científica com o objetivo de encontrar trabalhos correlatos que auxiliem na compreensão acerca dos conceitos necessários para que o objetivo deste trabalho seja alcançado. A pesquisa foi realizada nas bases Scopus e Web of Science utilizando as palavras-chave “Assignment”, “Employe*” e “Visit*”. Esta busca inicial retornou 107 documentos, dos quais a maioria tratava problemas da área de medicina e de ciências sociais. No entanto, apesar de proporem melhorias para as respectivas áreas, estes estudos não apresentavam uma solução computacional para o problema tratado. Como exemplos destes trabalhos se pode citar (ALSERKAL et al., 2020), (LINNAN et al., 2020), (SHIMA et al., 2021) e (BOYCE et al., 2022).

Em uma segunda etapa, foi aplicada uma filtragem por palavras-chave. As novas palavras-chave utilizadas foram referentes à área de ciência da computação – como “software”, “tool”, “computer system” e “algorithm” –, resultando em 16 documentos. Em seguida, estes trabalhos foram lidos e 5 foram selecionados como mais próximos ao presente estudo. Este resultado foi complementado com mais 3 artigos obtidos através de uma pesquisa na plataforma Google Acadêmico, totalizando 8 artigos correlatos, os quais serão descritos a seguir. No entanto, vale destacar que nenhum destes trabalhos aborda um problema equivalente ao problema abordado neste artigo.

Ribeiro et al. (2015) apresentam um modelo de programação inteira binária (0-1) para efetuar a designação dos procedimentos cirúrgicos às salas de cirurgia num hospital. A formulação proposta é baseada no modelo da designação generalizada, que maximiza a soma das preferências de utilização das salas pelos médicos e efetua a designação das cirurgias

respeitando o tempo disponível em cada uma das salas. O programa correspondente foi escrito em linguagem Visual Basic do Microsoft Excel, e testado para programação de cirurgias no Hospital Santa Lydia em Ribeirão Preto, SP.

Zhao (2017) aborda o problema de atribuir abrigos de segurança para a evacuação temporária devido a um terremoto ou a um grande incêndio. Foi considerada como estudo de caso uma situação real ocorrida no Japão. Foi proposto um algoritmo de otimização que integra uma abordagem para atribuição estática a residentes proposta por Zhao et al. (2017) com um projeto, então em andamento, de designação dinâmica de pessoas a serem evacuadas, incluindo visitantes. Comparações com métodos existentes mostraram que o sistema proposto é mais prático para uma resposta rápida e eficaz em caso de desastre.

Papatheodorou et al. (2018) abordam o problema de alocar um conjunto de robôs móveis a um conjunto de alvos de forma a minimizar o consumo de energia dos robôs. Com esse intuito, deve-se calcular todos os *tours* possíveis que cada robô pode fazer para visitar uma parte ou todo o conjunto de alvos. Cada segmento do *tour* depende de um algoritmo de planejamento de caminho de energia mínimo. O problema abordado é NP-Difícil e é proposta uma abordagem que utiliza elementos da teoria dos jogos. Simulações realizadas mostraram a eficiência do método proposto.

Phudphad et al. (2018) utilizam o GAP para procedimentos de cultivo, colheita e transporte em uma indústria canavieira com o objetivo de minimizar o custo logístico total de atendimento, por fornecedores terceirizados, de produtores de pequeno porte com limitações de capacidade e de tempo. Foi utilizada a metaheurística enxame de partículas (*Particle Swarm Optimization* - PSO) para a resolução do problema, a qual apresentou resultados eficientes, uma vez que estes foram iguais ou próximos às soluções ótimas.

Szymanski (2019) apresenta um estudo sobre o problema da designação generalizada aplicada em equipes de prestação de serviços. O estudo tem como objetivo alocar equipes, baseada em competências para prestação de serviços em segurança e saúde no trabalho. O método proposto aplica conceitos estudados em pesquisa operacional, tais como o problema de alocação generalizada, cujo objetivo é alocar recursos (máquinas ou trabalhadores) a trabalhos ou tarefas específicas. O desenvolvimento dos métodos heurísticos, demonstrou que ambos os métodos MPA (Maior Potencial de Atendimento) e mPA (Menor Potencial de Atendimento) propostos no trabalho, apresentam resultados satisfatórios. Também foi destacado que enquanto o primeiro possui uma operacionalização mais simples, o segundo obtém resultados mais próximos do ótimo.

Bozigar et al. (2020) propõem um framework espaço-temporal que combina um algoritmo de designação de um identificador geográfico com uma seleção Bayesiana preditiva para definir fatores de vizinhança associados a disparidades em visitas de um Departamento de Emergência (DE) relacionadas à asma. Um estudo de caso foi realizado com dados referentes aos anos de 1999-2015 de visitas DE realizadas na Carolina do SUL (EUA). Os autores destacam a importância do método proposto para identificar de forma mais eficaz fatores de risco em atendimentos de emergência de asma, principalmente em áreas rurais.

Pereira et al. (2020) sugerem diferentes métodos para a gestão de funcionários baseados em um modelo de competência e na atribuição de classificações (alta, média, baixa) para cada funcionário. A pesquisa foi aplicada na gestão de garçons de um estabelecimento da indústria alimentícia e mostrou que um modelo de competência pode ser usado, desde que complementado para fornecer mais informações que podem ser úteis para outros processos e evitar o risco de impacto nos negócios. Os resultados dos experimentos mostraram que os restaurantes onde o número de garçons experientes e inexperientes é equilibrado atingiram melhores ganhos.

Decerle et al. (2021) propõem um modelo de programação de inteiro mista para a atribuição de estruturas *Home Health Care* (HHC) a pessoas idosas, deficientes ou que apresentam condições crônicas. Este modelo realiza a designação das estruturas HHC assim como define a rota a ser percorrida para a entrega da estação. Também é proposta uma heurística que apresenta diferentes estratégias para a resolução do problema abordado. Experimentos comparando os métodos propostos com um *solver* comercial foram realizados, os quais destacaram a eficiência da heurística proposta que apresenta resultados semelhantes ao do *solver* comercial em um tempo computacional menor.

Metodologia

A metodologia desenvolvida para esse trabalho tem como base o método proposto por Hillier e Lieberman (2012). Foi criada uma adaptação para se adequar as necessidades do problema proposto, como se pode observar no fluxograma da Figura 4.

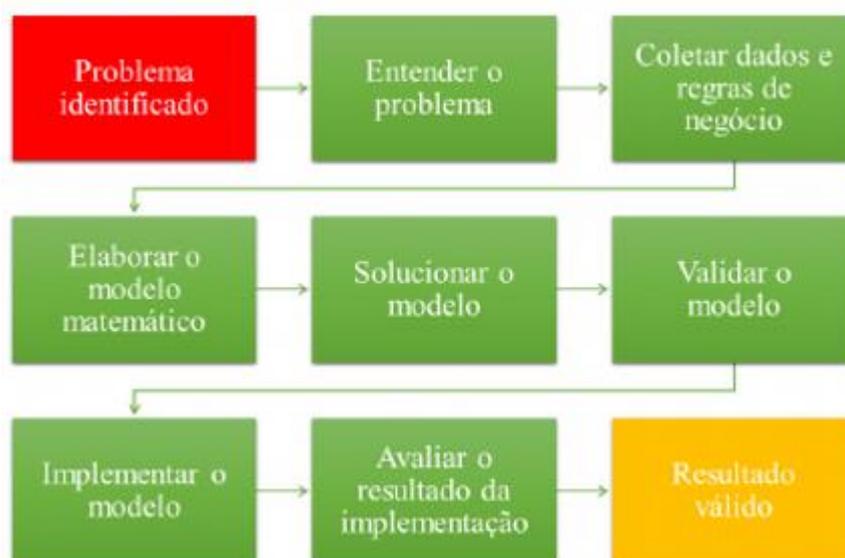


Figura 4 – Fluxograma desenvolvido para a modelagem e resolução do problema.
Fonte: adaptado de Hillier e Lieberman (2012).

Um dos autores deste estudo é funcionário da empresa Alterdata, para a qual esta pesquisa está sendo realizada. O interesse por esta pesquisa ocorreu em função de uma observação deste autor em seu ambiente de trabalho. Percebeu-se que a logística definida para a visita de colaboradores a empresas muitas vezes gerava o deslocamento de colaboradores que residiam em um determinado bairro para atender um cliente em outra localidade, quando nesse mesmo dia, nas proximidades do local de partida do referido funcionário existiam demandas semelhantes. Ou seja, o colaborador desperdiça um tempo maior com seu deslocamento quando poderia estar prestando serviço a instituições nas proximidades de sua residência.

A primeira e a segunda etapas (identificação do problema e entendimento do problema) foram simplificadas devido a um dos autores ser um colaborador da empresa estudada; já atuava realizando visitas aos clientes. Desse modo, possuía conhecimentos suficientes sobre o problema.

Com o apoio da diretoria da Alterdata, iniciou-se a coleta de dados através do *software* BIMER⁷, no qual foram recolhidos dados históricos, semanais, sobre as atividades realizadas pelos colaboradores. A coleta de dados foi realizada em 2018 e revista em 2019, devido a alguns pontos que necessitaram ser alinhados. Além disso, foram mapeadas as regras de negócio junto ao setor de “Gerência e Supervisão” da empresa.

Uma vez os dados coletados e com posse de todas as restrições e detalhes do problema, iniciou-se a etapa da elaboração do modelo matemático, o qual foi solucionado através do

⁷ Software de uso interno da empresa para controle de visita aos clientes.

software LINGO. Para esse modelo foram desenvolvidos cinco cenários, os quais representam situações que variam desde cenários mais simples do que o real – encontrado na empresa estudada no período analisado – até cenários mais complexos que o real.

Com posse desses cenários, o modelo foi validado utilizando o conhecimento do autor, como colaborador da empresa, e também informações levantadas, na fase de coleta, para validar os resultados obtidos.

A fase de implementação do modelo e as que a sucedem (avaliação do resultado da implementação e validação do resultado não fazem parte do escopo deste artigo.

Modelagem Matemática do Problema Abordado

Como descrito na Introdução (Seção 1), a alocação de colaboradores a visitas, na Alterdata, atualmente não é realizada da maneira mais adequada, ou seja, tirando proveito das tecnologias e metodologias disponíveis. A criação de um modelo matemático para o problema visa auxiliar a tomada de decisão das marcações das visitas para os colaboradores. Vale lembrar que são 3 modelos de visitas variadas (visita cafezinho, visita implantação e visita suporte) em 3 tipos diferentes de sistemas (*offshore*, gestão e contabilidade).

Esta seção descreve o modelo de programação linear inteira mista proposto para o problema abordado, o qual tem sua apresentação dividida em índices, parâmetros, variáveis de decisão e as expressões do modelo.

4.1 Índices

Os índices são letras utilizadas para a indexação das variáveis e parâmetros do modelo. Neste trabalho, os índices foram padronizados em:

- $d \rightarrow$ referente aos dias disponíveis para realização das visitas.
- $l \rightarrow$ referente às empresas a serem visitadas.
- $i \rightarrow$ referente aos funcionários (colaboradores) disponíveis.
- $s \rightarrow$ referente aos sistemas a serem mantidos.
- $c \rightarrow$ referente as cidades envolvidas.

4.2 Parâmetros

Os parâmetros representam os dados de entrada que o sistema recebe para poder executar. O modelo matemático desenvolvido nesta dissertação recebe os seguintes dados de entrada:

$E \rightarrow$ conjunto de empresas.

- $F \rightarrow$ conjunto de funcionários.
- $D \rightarrow$ conjunto de dias disponíveis para visita.
- $DSV_e \rightarrow$ Número de dias desde a última visita à empresa 'e'.
- $MAXIMO_s \rightarrow$ Quantidade máxima de atendimentos por um funcionário ao sistema 's' em um determinado dia.
- $HAB_{fs} \rightarrow$ Parâmetro que informa se o funcionário 'f' está habilitado ao sistema 's'.
- $SIS_e \rightarrow$ Sistema da empresa 'e'.
- $CID_e \rightarrow$ Cidade da empresa 'e'.

4.3 Variáveis de decisão

As variáveis de decisão descrevem os dados de saída do modelo matemático; são as informações a serem calculadas e que poderão servir no auxílio a tomadas de decisão. Neste trabalho, as seguintes variáveis de decisão foram definidas:

- $v_e \rightarrow$ variável de decisão linear que indica se a empresa foi visitada.
- $x_{fed} \rightarrow$ variável de decisão binária que indica se o funcionário 'f' visitará a empresa 'e' no dia 'd'.
- $z_{fsd} \rightarrow$ variável de decisão binária que indica se o sistema 's' será o objeto de trabalho do funcionário 'f' no dia 'd'.
- $y_{fcd} \rightarrow$ variável de decisão binária que informa se a cidade 'c' está sendo atendida pelo funcionário 'f' no dia 'd'.

4.4 Modelo matemático

O modelo matemático proposto possui apenas equações (função objetivo e restrições) lineares. No contexto das variáveis de decisão, apresenta variáveis mistas – inteiras (x_{fed} , y_{fcd}

e z_{fed}) e lineares (v_e) –. O modelo de programação linear inteira mista desenvolvido apresenta sua função objetivo na Equação 4.1 e suas restrições nas Equações (ou Inequações) 4.2 – 4.15.

$$\text{Maximizar } \sum_{e \in E} DSV_e * v_e \quad (4.1)$$

Sujeito às restrições:

$$v_e \leq \sum_{f \in F} \sum_{d \in D} x_{fed}, \quad \forall e \in E \quad (4.2)$$

$$\sum_{f \in F} \sum_{d \in D} x_{fed} \leq 1, \quad \forall e \in E \quad (4.3)$$

$$\sum_{e \in E} x_{fed} \leq \sum_{s \in S} \text{maximo}_s * z_{fsd}, \quad \forall f \in F, \forall d \in D \quad (4.4)$$

$$\sum_{c \in C} y_{fcd} \leq 1, \quad \forall f \in F, \forall d \in D \quad (4.5)$$

$$\sum_{s \in S} z_{fsd} \leq 1, \quad \forall f \in F, \forall d \in D \quad (4.6)$$

$$x_{fed} \leq y_{fcd} \quad \forall f \in F, \forall e \in E / HAB_{fSIS_e} = 1, \quad \forall d \in D, \forall c \in C / CID_e = c \quad (4.7)$$

$$x_{fed} \leq z_{fsd} \quad \forall f \in F, \forall d \in D, \forall e \in E / HAB_{fSIS_e} = 1 \quad (4.8)$$

$$y_{fcd} \in \{0,1\} \quad \forall f \in F, \forall c \in C, \forall d \in D \quad (4.9)$$

$$z_{fsd} \in \{0,1\} \quad \forall f \in F, \forall s \in S, \forall d \in D \quad (4.10)$$

$$z_{fsd} = 0 \quad \forall f \in F, \forall s \in S / HAB_{fS} = 0 \quad (4.11)$$

$$x_{fed} \in \{0,1\} \quad \forall f \in F, \forall e \in E, \forall d \in D \quad (4.12)$$

$$y_{fed} = 0 \quad \forall f \in F, \forall e \in E / HAB_{fSIS_e} = 0, \forall d \in D \quad (4.13)$$

$$v_e \geq 0 \quad \forall e \in E \quad (4.14)$$

$$v_e \leq 1 \quad \forall e \in E \quad (4.15)$$

Equação 4.1 corresponde a função objetivo, a qual visa maximizar o número de clientes de um colaborador em um único dia de trabalho, privilegiando aquelas que estão a mais tempo sem receber uma visita. A Restrição 4.2 verifica se a empresa foi visitada, garantindo assim a ida de um colaborador a uma empresa que ainda não foi inspecionada. A

Restrição 4.3 garante que a empresa foi visitada exatamente uma única vez dentro do período estudado; a partir dessa data é permitido que um colaborador possa visitá-la novamente. A Restrição 4.4 garante que o máximo de visitas diárias para um determinado sistema não será violado. A Restrição 4.5 informa que um funcionário, em um determinado dia, atuará em no máximo uma cidade. A Restrição 4.6 garante que um funcionário atenderá, no máximo, um sistema por dia. A Restrição 4.7 aloca o funcionário apenas a empresas localizadas na cidade que este visitará. A Restrição 4.8 garante que todos os atendimentos diários de um funcionário devem ser do mesmo sistema. As Restrições 4.9 – 4.15 descrevem o domínio das variáveis de decisão.

Experimentos e Resultados

Para validação do modelo matemático proposto, foram construídos cinco cenários diversificando seus parâmetros e, conseqüentemente suas complexidades. Os parâmetros se diferenciam pelo número de dias úteis de trabalho, pela quantidade de funcionários disponíveis para alocação e pela quantidade de clientes a serem atendidos. Estes cenários foram criados com o objetivo de avaliar o modelo matemático desde cenários mais simples – número de dias e de empresas abaixo do encontrado no contexto real da empresa estudada, tornando-o um cenário de baixa complexidade –, passando por cenários que condizem com o cenário real encontrado na empresa estudada, até cenários de maior complexidade – número de dias e de empresas acima do que é analisada atualmente pela empresa –. É importante ressaltar que alguns cenários retratam fielmente a complexidade real que a empresa possui e alguns outros possuem uma maior dificuldade, contemplando uma possível expansão da empresa, permitindo que o modelo satisfaça a empresa mesmo com o seu crescimento futuro. Em todos os cenários criados, como descritos no Quadro 1, levou-se em consideração a localização dos clientes e dos colaboradores, bem como suas aptidões no suporte de cada sistema. Nesse sentido, os dados de cada cenário foram inseridos em uma planilha do *Excel* e executado no software LINGO 10.0.

Cenário	Empresas	Dias	Funcionários
1	40	3	6
2	70	5	6
3	100	5	6
4	140	10	6
5	140	10	8

Quadro 1 – Informações sobre os cenários criados para execução do modelo de solução.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No decorrer dos testes executados, foi estipulado um tempo máximo de dez horas de execução de cada cenário. Caso a execução do cenário não alcance a solução ótima dentro do prazo, serão apresentados dois gráficos, o primeiro detalhando a evolução do *gap* ao longo do período de execução e o segundo mostrando a evolução da melhor solução obtida ao longo do tempo. Para o cálculo do *gap* utilizou-se a fórmula $\frac{|Func.Objetivo-Lim.Superior|}{Lim.Superior}$, onde “Func. Objetivo” representa o custo da melhor solução encontrada até o momento e “Lim. Superior” o custo máximo, calculado pelo Lingo, que se estima poder atingir.

Os experimentos foram realizados utilizando o sistema operacional *Windows 10 Professional* em um computador com processador *Core-i5 11ª* geração, 16Gb de memória RAM e 2 *Terabytes* de disco rígido.

As Seções 5.1 a 5.5 detalharão os resultados obtidos para cada um dos cenários descritos no Quadro 1.

5.1 Cenário 1

No primeiro cenário se deseja observar o comportamento do modelo na distribuição de uma pequena quantidade de clientes (40 empresas) em um número de dias reduzido – 3 dias. O Quadro 2 retrata os dados dos funcionários de forma detalhada, como a cidade que reside, o sistema que está apto e seu nome “fictício” – o nome verdadeiro foi omitido por questão de segurança –. Este cenário é considerado de complexidade inferior ao encontrado no mundo real.

Nome	Cidade	Sistema Contábil	Sistema <i>Offshore</i>	Sistema de Gestão
Func. 1	Macaé		X	X
Func. 2	Rio das Ostras	X		
Func. 3	Rio das Ostras		X	X
Func. 4	Rio das Ostras	X		
Func. 5	Macaé		X	
Func. 6	Macaé		X	X

Quadro 2 – Funcionários disponíveis para locação e seus respectivos sistemas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao fim da execução do primeiro cenário, tem-se ao total 32 atendimentos realizados, o que representa 80% das empresas disponíveis. O tempo de execução do modelo foi de aproximadamente 3 minutos (como descrito na Tabela 2) e o resultado obtido é apresentado na Tabela 1, a qual destaca para cada funcionário (colaborador) as empresas atendidas por este em cada um dos dias disponíveis. Como exemplos: o Funcionário 3 atendeu os clientes

27 e 29 no dia 2; e o Funcionário 1 realizou o atendimento do cliente 40 no dia 1. Na última linha da tabela é destacado o número total de clientes atendidos por dia.

NOME	1	2	3
Func. 1	40	31	34
Func. 2	18; 19; 24; 26	20	1; 8; 9; 39
Func. 3	36	27; 29	14; 21
Func. 4	28; 30	2; 3; 7; 37	
Func. 5	15; 22	5; 10	16; 17
Func. 6	13	33	25
Total de clientes atendidos	11	11	10

Tabela 1 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 1.
Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 2 traz maiores detalhes sobre a execução deste cenário no Lingo. Vale destacar o número de 438 variáveis inteiras – de um total de 479 – e a equivalência nos resultados de “Melhor solução” e “Limite superior”, o que reflete que a solução ótima foi atingida.

Itens	Valores
Total de variáveis	479
Total de variáveis	438
Total de restrições	890
Melhor solução	1424
Limite superior	1424
Gap	0,00%
Tempo de execução	00:03:09

Tabela 2 – Indicadores do software LINGO - Cenário 1.
Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2 Cenário 2

No segundo cenário simulado, deseja-se observar o comportamento do modelo para uma distribuição maior de clientes – 70 clientes – em um período de 5 (cinco) dias úteis. Para este cenário, foi considerado o mesmo conjunto de funcionários utilizados no Cenário 1, apresentado no Quadro 1. Este cenário é considerado de complexidade inferior ao que é encontrado no mundo real. O modelo foi executado por aproximadamente dez minutos e o resultado obtido é apresentado na Tabela 3.

Nome	1	2	3	4	5
Func. 1	43	58	13	33	34
Func. 2	20; 26; 67; 70	3; 8; 9; 46		1; 2; 7;	
Func. 3	41; 44	21; 22	16; 68	14; 65	36; 55
Func. 4		28; 30	52; 54; 57; 61	18; 19; 24; 64	37; 39; 47; 51
Func. 5	29; 60	5; 50	15; 63	27; 59	10; 49
Func. 6	69	25	48	40	32
Total de clientes atendidos	10	12	10	13	10

Tabela 3 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 2.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 4 traz maiores detalhes sobre a execução deste cenário no LINGO. Vale destacar o número de 1190 variáveis inteiras – de um total de 1261 – e a diferença nos resultados de “Melhor solução” e “Limite superior”, o que sinaliza que a solução encontrada pode não ser a ótima.

Itens	Valores
Total de variáveis	1261
Total de variáveis	1190
Total de restrições	2412
Melhor solução	2447
Limite superior	2520
Gap	2,90%
Tempo de execução	10:20:12

Tabela 4 – Indicadores do software LINGO- Cenário 2.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Devido ao cenário não ter obtido sua solução ótima em dez horas de execução, os gráficos das Figuras 5 e 6 foram geradas. Pode-se observar que o melhor limite superior foi alcançado com uma hora e trinta minutos de execução; já a melhor solução é alcançada com trinta minutos. Analisando o *gap*, este inicia com 2,98% e alcança o melhor valor, 2,90%, com uma hora e trinta minutos de execução.

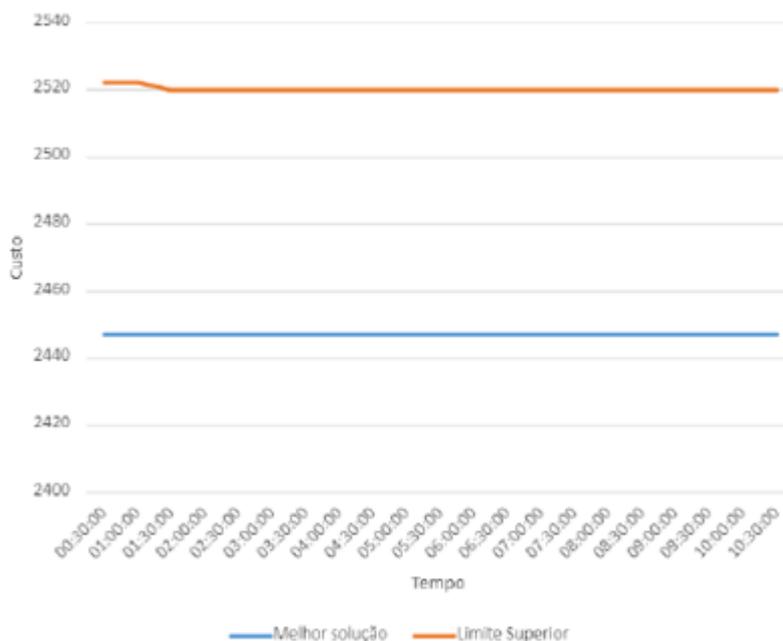


Figura 5 – Comparação da solução encontrada com o limite superior - Cenário 2.
 Fonte: Elaborada pelos autores.

5.3 Cenário 3

No terceiro cenário simulado, deseja-se observar o comportamento do modelo para uma distribuição maior de clientes – 100 clientes – em um período de 5 (cinco) dias úteis. Para este cenário, foi considerado o mesmo conjunto de funcionários utilizados no Cenário 1, apresentado no Quadro 1. Este cenário é considerado de complexidade inferior ao que é encontrado no mundo real.



Figura 6 – Evolução do *gap* ao longo do tempo durante a execução - Cenário 2.
 Fonte: Elaborada pelos autores.

Para esse cenário, estipulava-se uma média de nove clientes atendidos por dia, somando todos os atendimentos de todos os colaboradores. Tem-se ao total 56 clientes atendidos, que corresponde a 56% do total de clientes disponíveis. O modelo foi executado por aproximadamente cinco minutos e o resultado obtido é apresentado na Tabela 5.

A Tabela 6 traz maiores detalhes sobre a execução deste cenário no LINGO. Vale destacar o número de 1600 variáveis inteiras – de um total de 1701 – e a equivalência nos resultados de “Melhor solução” e “Limite superior”, o que reflete que a solução ótima foi atingida.

Nome	1	2	3	4	5
Func. 1	64; 84	28; 90	26; 53	16; 22	45; 76
Func. 2	56; 58; 91	7; 8; 73			79
Func. 3	35; 99	15; 70	39; 40	32; 92	10; 41
Func. 4	55	46	78	25	62
Func. 5	69	20		18; 65; 83;87	3; 43; 100
Func. 6	29; 34; 54; 93	19;21;67;89	1;2;9;75	30	42; 47
Total de clientes atendidos	13	13	9	10	11

Tabela 5 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 3.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Itens	Valores
Total de variáveis	1701
Total de variáveis	1600
Total de restrições	3322
Melhor solução	2903
Limite superior	2903
Gap	0,00%
Tempo de execução	00:05:09

Tabela 6 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 3.

Fonte: Elaborada pelos autores.

5.4 Cenário 4

No quarto cenário simulado, deseja-se observar o comportamento do modelo para uma distribuição maior de clientes – 140 clientes – em um período de 10 (dez) dias úteis. Para este cenário, foi considerado o mesmo conjunto de funcionários utilizados no Cenário 1, apresentado no Quadro 1. Este cenário é considerado de complexidade semelhante ao que é encontrado no mundo real.

Após a execução deste cenário no LINGO, tem-se ao total 96 clientes atendidos, o que corresponde a 70% do total das empresas disponíveis. O modelo foi executado por dez horas e o resultado obtido é apresentado nas Tabelas 7 e 8.

Nome	1	2	3	4	5
Func. 1	44; 112	22; 128	82; 85	76; 113	135
Func. 2			130		
Func. 3	10; 40	53; 123	14; 126	77; 134	84; 131
Func. 4	62	50	46	33	78
Func. 5	47; 109;110;139	93;115;120;124		29;34;58;117	
Func. 6		21	20;65	9	69
Total de clientes atendidos	9	9	8	10	5

Tabela 7 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 4 (Parte 1).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nome	6	7	8	9	10
Func. 1	27; 32	45; 104	15; 16	90; 99	81; 92
Func. 2	54; 56; 79; 91	18	83;87;133;136	2; 3; 43; 100	
Func. 3	26; 28	64; 70	31; 35	118; 122	39; 41
Func. 4	25	106	23	88	55
Func. 5			1;8;42;102		
Func. 6	19;67;127	30	7;73;75;114	29;34;58;117	89
Total de clientes atendidos	12	7	17	13	6

Tabela 8 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 4 (Parte 2).

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 9 traz maiores detalhes sobre a execução deste cenário no LINGO. Vale destacar o número de 4390 variáveis inteiras – de um total de 4531 – e a diferença nos resultados de “Melhor solução” e “Limite superior”, o que sinaliza que a solução encontrada pode não ser a ótima.

Itens	Valores
Total de variáveis	4531
Total de variáveis	4390
Total de restrições	8842
Melhor solução	4621
Limite superior	4902
Gap	6,10%
Tempo de execução	10:00:09

Tabela 9 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários - Cenário 4.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Devido ao cenário não ter obtido sua solução ótima em dez horas de execução, os gráficos das Figuras 7 e 8 informam o comportamento e os valores obtidos no decorrer da simulação. Pode-se observar que o melhor limite superior foi alcançado com quatro horas e trinta minutos de execução, já a melhor solução é alcançada com cinco horas, entretanto o *gap* se inicia com 15,00% e alcança o melhor valor com cinco horas, chegando a 6,00%.

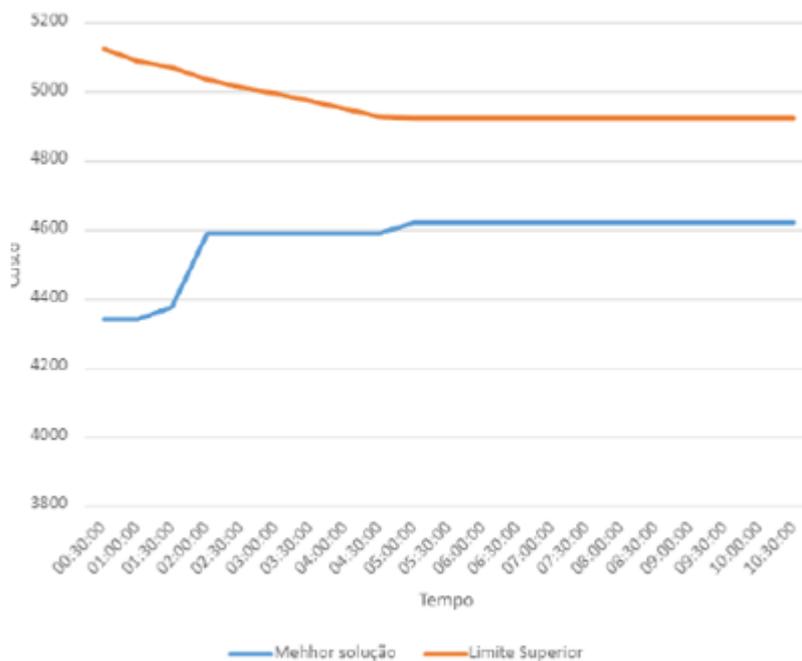


Figura 7 Comparação da solução encontrada com o limite superior – Cenário 4.
Fonte: Elaborada pelos autores.

5.5 Cenário 5

No quinto cenário simulado, deseja-se observar o comportamento do modelo para uma distribuição maior de funcionários – 8 funcionários – em um período de 10 dias úteis. Para este cenário, foi considerado o mesmo conjunto de clientes utilizados no Cenário 4. Este cenário é considerado de complexidade superior ao que é encontrado no mundo real.

O Quadro 3 traz as informações dos oito funcionários considerados para o Cenário 5.

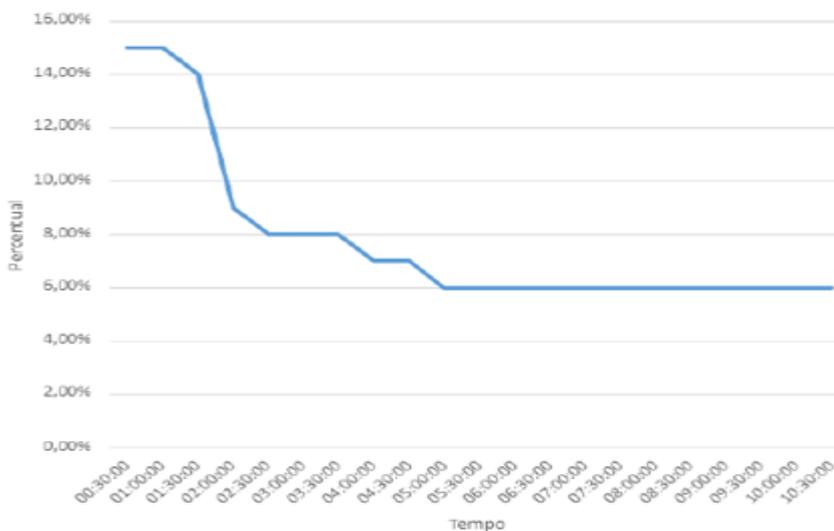


Figura 8 – Evolução do gap ao longo do tempo durante a execução – Cenário 4.
Fonte: Elaborada pelos autores.

Nome	Cidade	Sistema Contábil	Sistema Offshore	Sistema de Gestão
Func. 1	Macaé	X	X	X
Func. 2	Rio das Ostras	X		
Func. 3	Rio das Ostras		X	
Func. 4	Rio das Ostras	X		
Func. 5	Macaé	X	X	
Func. 6	Macaé	X		X
Func. 7	Macaé		X	
Func. 8	Macaé		X	X

Quadro 3 – Funcionários disponíveis para locação e seus respectivos sistemas – Cenário 5.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a execução deste cenário no LINGO, tem-se ao total de 118 clientes atendidos, o que corresponde a 84% do total das empresas disponíveis. O modelo foi executado por dez horas e o resultado obtido é apresentado nas Tabelas 10 e 11.

Tipo de Fonte	1	2	3	4	5
Func. 1	23	60	45; 76	78	132
Func. 2	34;93	1;2;9;100	18;69;87;89		
Func. 3	85; 131	35; 134	4;113	26; 28	14; 128
Func. 4	88	111	121	13	62
Func. 5	54;91;115.120	65;67;127;136	117	130	
Func. 6	29;79;124	19		30;56;58	109;110
Func. 7	10;104	16;22	31;90	17;137	53;118
Func. 8	25	96	106	95	51
Total de clientes atendidos	16	16	13	11	10

Tabela 10 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários – Cenário 5 (Parte 1).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tipo de Fonte	6	7	8	9	10
Func. 1	50	55	102;123	94	66
Func. 2		20;133			
Func. 3	107;112	77;81	39;41	15;82	27;99
Func. 4	33	80	37	135	46
Func. 5			7;8;42		73;102;114;139
Func. 6	3;43;47;75				21;83
Func. 7	84;126	32;92	64;70	5;40	44;71
Func. 8	61	97	68	57	103
Total de clientes atendidos	11	10	11	7	13

Tabela 11 – Resultado das alocações em seus respectivos funcionários – Cenário 5 (Parte 2).

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 12 traz maiores detalhes sobre a execução deste cenário no LINGO. Vale destacar o número de 5890 variáveis inteiras – de um total de 6031 – e a diferença nos resultados de “Melhor solução” e “Limite superior”, o que sinaliza que a solução encontrada pode não ser a ótima.

Itens	Valores
Total de variáveis	6031
Total de restrições	11722
Melhor solução	5635
Limite superior	5905
Gap	4,57%
Tempo de execução	10:03:06

Tabela 12 – Indicadores do software LINGO para o cenário 5.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Devido ao cenário não ter obtido sua solução ótima em dez horas de execução, os gráficos das Figuras 9 e 10 foram gerados. Pode-se observar que o melhor limite superior foi alcançado com duas horas e trinta minutos de execução; já a melhor solução é alcançada com trinta minutos. Analisando o *gap*, este inicia com 4,86% e alcança o melhor valor, 4,58%, com duas horas e trinta minutos de execução.

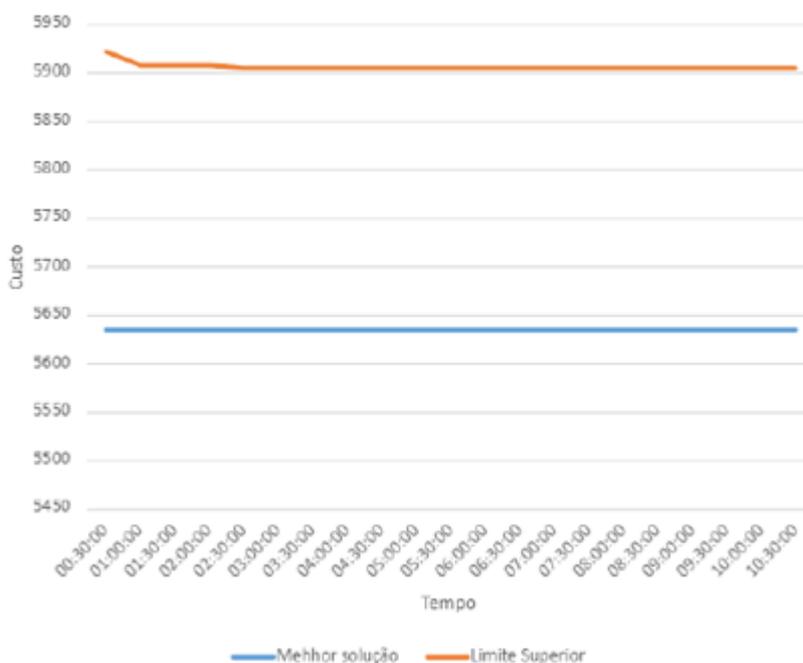


Figura 9: Comparação da solução encontrada com o limite superior – Cenário 5

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerações Finais

O objetivo deste artigo é desenvolver um modelo matemático para alocação de colaboradores, possibilitando atender mais clientes no mesmo período de dias. Realizou-se

inicialmente um estudo na literatura sobre trabalhos correlatos. Baseado na revisão da literatura realizada e das características do problema abordado, optou-se por desenvolver um modelo matemático para sua solução. O modelo desenvolvido foi testado em cenários fictícios – os Cenários 1, 2 e 3 representam uma complexidade inferior a realidade; o Cenário 4 foi criado com as dimensões de um problema real; e o Cenário 5 foi desenvolvido com dimensões superiores.

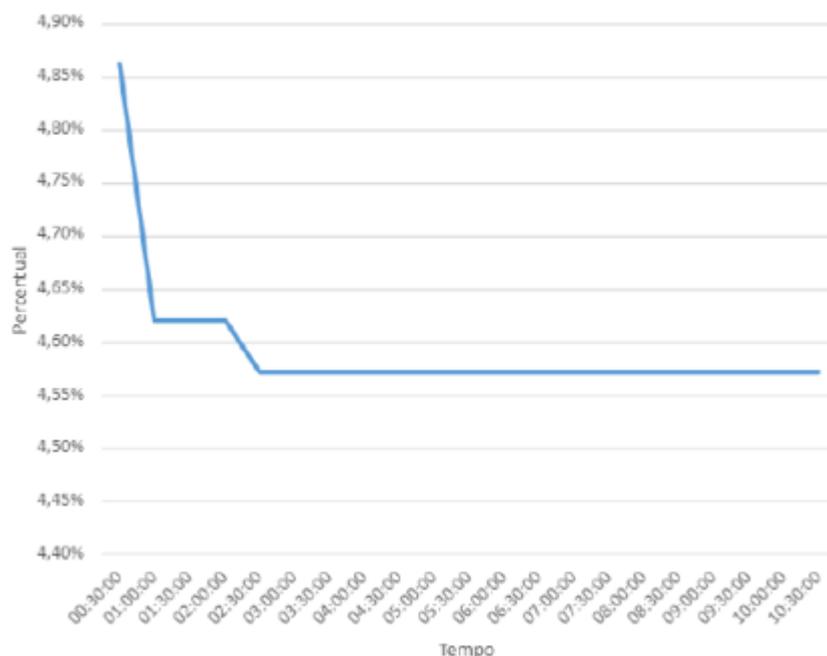


Figura 10 – Evolução do gap ao longo do tempo durante a execução – Cenário 5.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os cenários foram executados no *Solver* LINGO, com o limite de execução de dez horas. Em dois cenários, a solução ótima foi obtida. Nos outros três, soluções de qualidade foram obtidas, as quais apresentaram um *gap* – que foi obtido pela fórmula $\frac{|Func.Objetivo-Lim.Superior|}{Lim.Superior}$ – entre 2,90% e 6,10%. Uma média de 73,7% das empresas disponíveis teve colaboradores alocados, o que foi considerado um bom resultado, uma vez que a solução manual atualmente utilizada pela empresa estudada não costuma ultrapassar 60%.

O limite de dez horas de execução foi considerado satisfatório para a empresa estudada, a qual pode executar o modelo no dia anterior à devida alocação dos colaboradores às visitas.

O resultado obtido com o Cenário 5, o qual apresenta dimensões superiores ao encontrado hoje pela empresa, mostra que a solução proposta atenderá a empresa mesmo em um possível crescimento futuro da clientela da empresa.

Para a empresa, o modelo proposto é uma grande contribuição pela razão da certeza da qualidade da alocação realizada, o que antes não era possível obter devido a atividade ser realizada manualmente; não se tinha nenhuma formalidade que garantisse que a solução que estava implantada era de qualidade.

O modelo de alocação de trabalho atualmente utilizado pela empresa estudada permite que os colaboradores desperdicem algumas horas de trabalho diariamente com deslocamentos desnecessários e com uma má distribuição de atividades. Com o modelo proposto, é possível otimizar o tempo de ociosidade, consequentemente aumentando a produtividade. Além disso, este define a melhor logística de deslocamento para que o grupo de colaboradores atenda os clientes.

O foco deste trabalho foi a filial de Macaé, a qual era o local de trabalho de um dos autores deste artigo. No entanto, as outras filiais têm um funcionamento muito semelhante, o que viabiliza a utilização do modelo matemático proposto na empresa Alterdata como um todo. Também vale ressaltar que outras empresas – do mesmo setor ou não – que possuem problemas com características semelhantes – também necessitando alocar funcionários a visitas em clientes – podem adaptar o modelo proposto para sua realidade, o que amplia a contribuição deste estudo.

Em etapas futuras, será realizada a implantação da solução proposta na filial de Macaé da empresa Alterdata e a sua adaptação para as demais filiais da empresa.

Outra sugestão de trabalho futuro é modificar a solução proposta para permitir que um mesmo colaborador atue em diferentes cidades no mesmo dia de trabalho, o que viabilizaria a otimização dos gastos com deslocamento. Porém é necessário à validação, junto à empresa, desta possível mudança, visto que atualmente uma resolução da empresa limita que um colaborador visite uma única cidade em um único dia – exatamente como foi tratado pelo modelo proposto neste trabalho.

Referências

- ALSERKAL, Y.; ALBLOOSHI, K.; ALBLOOSHI, S.; KHAN, Y.; NAQVI, S.A.; FINCHAM, C.; ALMEHIRI, N. Triage accuracy and its association with patient factors using emergency severity index: Findings from united arab emirates. **Open Access Emergency Medicine**, v.12, p.427-434, 2020.

- BOYCE, R.M.; MUHINDO, E.; BAGUMA, E.; MUHINDO, R.; SHEM, B.; FRANÇOIS, R.; HAWKE, S.; SHOOK-AS, B.E.; NTARO, M.; NALUSAJI, A.; NYEHANGANE, D.; REYES, R.; JULIANO, J.J.; SIEDNER, M.J.; STAEDKE, S.G.; MULOGO, E.M. Permethrin-treated baby wraps for the prevention of malaria: results of a randomized controlled pilot study in rural Uganda. **Malaria Journal**, v.21, n.1, art. no. 63, 2022.
- BOZIGAR, M.; LAWSON, A.; PEARCE, J.; KING, K.; SVENDSEN, E. A geographic identifier assignment algorithm with Bayesian variable selection to identify neighborhood factors associated with emergency department visit disparities for asthma. **International Journal of Health Geographics**, v.19, n.1, art. no. 9, 2020.
- DECERLE, J.; GRUNDER, O.; EL HASSANI, A.H.; BARAKAT, O. A matheuristic-based approach for the multi-depot home health care assignment, routing and scheduling problem. **RAIRO - Operations Research**, v.55, p.1013-1036, 2021.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Stanford: Editoria AMGH, 2012.
- LINNAN, L.A.; VAUGHN, A.E.; SMITH, F.T.; WESTGATE, P.; HALES, D.; ARANDIA, G.; NESHTERUK, C.; WILLIS, E.; WARD, D.S. Results of caring and reaching for health (CARE): a cluster-randomized controlled trial assessing a worksite wellness intervention for child care staff. **The international journal of behavioral nutrition and physical activity**, v.17, n.1, p. 64, 2020.
- MATESCO, V. R.; TAFNER, P. **O estímulo aos investimentos tecnológicos: impacto sobre as empresas brasileiras**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro: IPEA, 1996. Disponível em: <https://ppe.inea.gov.br/-/index.php/ppe/article/759>.
- OLIVEIRA, G. B. Algumas considerações sobre inovação tecnológica, crescimento econômico e sistemas nacionais de inovação. **Revista da FAE**, v.4, n.3, p.5-11, 2001. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/494>.
- PAPATHEODOROU, S., SMYRNAKIS, M., HAMIDOU, T., TZES, A. **Path Planning and Task Assignment for Data Retrieval from Wireless Sensor Nodes Relying on Game-Theoretic Learning**. International Conference on Control, Decision and Information Technologies, p.1073-1078, 2018.
- PEREIRA, J.P.; NATALYA, E.; SLESARENKO, I. Research of the Competency Model's Influence on Staff Management in Food Industry. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v.1159, p.351-360, 2020.
- PHUDPHAD, P.; SETHANAN, K.; JAMRUS, T. **A hybrid particle swarm optimization for the generalized assignment problem with time window**. MATEC Web of Conferences, 2018. Disponível em: <https://mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018-/01015>>. Acesso em: 30 nov. 2020.
- RIBEIRO, J. F.; COSTA, A. L.; LEONETI, A. B.; PICOLI, R. M.; SANTI, D. C. **Um modelo de designação para salas de cirurgias**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto de Galinhas, 2015. Disponível em: <https://cdsid.org.br-/sbpo2015/uploads/2015/142506>.

SHIMA, A.; ARIMA, H.; MIURA, K.; TATSUMI, Y.; OHKUBO, T.; KAWATSU, Y.; MORINO, A.; KIMURA, T.; GODAI, K.; AZUMA, S.; MIYAMATSU, N. Cluster-randomized controlled trial for the early promotion of clinic visits for untreated hypertension. **Hypertension Research**, v.44, n.3, p. 355-362, 2021.

SZYMANSKI, M. H. **Proposição de um modelo de alocação baseado em competências. Um estudo sobre o problema da designação generalizada aplicado a equipes de prestação de serviços.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183-201346>><http://hdl.handle.net/10183/201346>.

TIRIO – Sindicato das Empresas de Informática do Estado do Rio de Janeiro. **A alterdata software é uma das 100 maiores empresas de informática do brasil.** Disponível em: <https://www.ti.rio/info/40324/a-alterdata-software-e-uma-das-100-maiores-empresas-de-informatica-do-brasil-segundo-o-anuario-informaticahoje>. Acesso em: 3 mar. 2020.

ZHAO, L. **A practical system for optimized assignment of shelters to evacuees.** IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference, art. no. 8058196, p.42-45, 2017.

Zhao, L.; Hashitani, T.; Takeshita, T.; Hayami, R.; Ninomiya, Y.; Umegagi, K.; Azuma, D.; Miyamoto, R.; Itani, R. **Optimal Assignment of Wide-Area Evacuation Centers for Kyoto City.** Annual International Conference on Operations Research and Statistics, Singapore, 2017.

Submetido em: 16.12.2022

Aceito em: 16.01.2023