

## **ROTA CERTA: estruturação e aplicação de um modelo de consulta de alternativas para mobilidade de colaboradores aos locais de trabalho**

### **1. Introdução**

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) estabelece os benefícios que as empresas são obrigadas a oferecer aos seus colaboradores, tais como vale-transporte (VT), fundo de garantia por tempo de serviço (FGTS), férias remuneradas, décimo terceiro salário, descanso semanal remunerado, entre outros (BRASIL, 2022a). Além desses, podem existir outros firmados em convenções coletivas entre empregadores e empregados.

O vale-transporte é um importante benefício, garantido desde a promulgação da Lei nº 7.418, de 16 de dezembro de 1985, para os trabalhadores brasileiros que utilizam o transporte público nos deslocamentos casa-trabalho-casa. O Art. 4º da referida Lei versa que “a concessão do benefício ora instituído implica a aquisição pelo empregador dos vales-transportes necessários aos deslocamentos do trabalhador no percurso residência-trabalho e vice-versa, no serviço de transporte que melhor se adequar” (BRASIL, 2022b). Em casos onde não haja essa opção ao longo do percurso, o empregador é obrigado a fornecer transporte próprio. Além disso, ainda conforme Brasil (2022b), no parágrafo único do Art. 4º da Lei nº 7.418, tem-se que “o empregador participará dos gastos de deslocamento do trabalhador com a ajuda de custo equivalente à parcela que exceder a 6% (seis por cento) de seu salário básico”. Destaca-se que a garantia é apenas para aqueles funcionários que utilizam o transporte público.

Independente de exigências legais, empregadores podem optar por oferecer garantias que julguem benéficas para suas equipes de trabalho. Chiavenato (2015) destaca que podem ser oferecidos benefícios sociais tais como facilidades, conveniências, vantagens e serviços objetivando poupar esforços e preocupações aos funcionários. Estes benefícios podem ser financiados, parcial ou totalmente, pelos empregadores e constituem meios indispensáveis para manter a força de trabalho motivada o que pode ajudar a garantir bons níveis de produtividade para as organizações. No entanto, qualquer garantia adicional que as empresas decidam ofertar a seus colaboradores devem ser planejadas minuciosamente para não gerarem custos exagerados em mercados cada vez mais competitivos.

Neste trabalho, além do vale-transporte, outras opções serão avaliadas. A análise de outras alternativas será feita com base na abordagem de roteirização de veículos (*vehicle routing problem* - VRP ). Conforme Santos, Ottmann e Cordeiro (2020), o VRP compreende em definir a melhor rota para que o ponto desejado seja alcançado a partir de um ponto inicial. O VRP possui diversas variações, uma das mais conhecidas é o problema do caixeiro viajante (*travelling salesman problem* – TSP) em que, a partir de um conjunto de nós, busca-se percorrer todos eles somente uma vez de modo a minimizar a distância percorrida. Para a resolução desse problema são utilizadas ferramentas de otimização.

### **2. Problema de Pesquisa e Objetivo**

Em consonância com o exposto, o problema detectado nesta pesquisa é a carência de um mecanismo robusto e ao mesmo tempo de fácil utilização e dinâmico que auxilie a tomada de decisão de empregadores acerca da escolha da alternativa de transporte a ser utilizada por seus colaboradores em um determinado contexto, baseando-se na estratégia da empresa.

Nesta perspectiva, o objetivo deste artigo é desenvolver e apresentar um sistema para que empregadores possam consultar os custos de algumas alternativas de mobilidade de

colaboradores de suas residências até seus locais de trabalho. Para as opções diferentes do vale-transporte, as rotas serão construídas baseando-se na metodologia de algoritmos genéticos.

Por meio da consulta e análise dos custos advindos de uma alternativa de transporte diferente da prevista em lei, os empregadores poderão tomar decisões com conhecimento do impacto financeiro associado, minimizando os riscos de que uma atitude como esta possa, ao invés de gerar os benefícios esperados por meio de um possível aumento na satisfação dos funcionários, acarretar problemas nos fluxos de caixa das empresas.

### 3. Fundamentação Teórica

#### 3.1 Problemas de roteirização

Conforme Souto Maior et al. (2019), os problemas de roteirização podem ser de diferentes tipos: problema com um ponto de origem diferente do ponto de destino; problema com mais de um ponto de destino e de origem e problema com pontos de destino e origem iguais. Desta forma, há métodos específicos para resolver cada um deles. Para o primeiro grupo de problemas, pode-se empregar o método do caminho mais curto. Nos problemas com diversos pontos de origem e destino, é comum empregar o método do transporte. Já para problemas com pontos de destino e origem iguais, utiliza-se o problema do caixeiro viajante.

Conforme Fávero e Belfiore (2012), o problema do caminho mais curto, também chamado de problema do caminho mínimo, determina o menor caminho entre dois nós de uma rede (pode-se minimizar, também, o custo total ou o tempo total) onde um dos nós se refere ao ponto de origem e o outro ao ponto de destino. Neste problema, é considerado apenas um nó de oferta (ponto de origem) e um nó de demanda (ponto de destino).

O problema de transporte é um problema de aplicação de programação linear, tem o objetivo de determinar o menor custo para a realização do transporte de produtos partindo de grupos de origens a grupos de destinos. “Cada origem possui determinada oferta de unidades a serem distribuídas aos destinos, e cada destino tem certa demanda pelas unidades a serem recebidas das origens (HILLIER e LIEBERMAN, 2013, pág. 316).

O problema do caixeiro viajante busca determinar a rota com a menor distância (custo ou tempo) em que todos os nós serão visitados somente uma vez, tendo como ponto de partida e ponto de retorno um depósito (HILLIER e LIEBERMAN, 2013). Segundo Goldberg e Luna (2005), o problema tem sua origem em um jogo proposto por Willian Rowan Hamilton denominado *Around the World* cujo intuito era descobrir uma rota por meio dos vértices de um dodecaedro em que todos os vértices deveriam ser visitados uma única vez sem que houvesse repetição de uma visita. Davendra (2010) dá a seguinte explicação a respeito do problema do caixeiro viajante: dado um conjunto de cidades e o custo de viagem (ou distância) entre cada par possível, o problema encontra a melhor maneira possível de visitar todas as cidades e regressar ao ponto de partida minimizando o custo da viagem (ou distância). Segundo Hillier e Lieberman (2013), este tipo de problema se encaixa na classe de problemas NP-completos, ou seja, possuem alta complexidade computacional e, sendo assim, não são resolvidos em tempo polinomial. À medida em que o tamanho do problema aumenta, por um aumento do número de cidades, clientes ou nós, o tempo de execução para resolve-lo aumenta de maneira polinomial não determinística. Sendo assim, se a instância do problema for grande, não é possível resolve-lo de forma exata em tempo hábil e é necessário utilizar métodos heurísticos ou meta-heurísticos, como, por exemplo, o algoritmo genético. Primeiramente deve ser feita a modelagem do problema que se quer resolver por meio da definição das variáveis, dos parâmetros e das relações matemáticas que representarão o objetivo e as exigências e limitações do problema. Estando modelado, é necessário aplicar ferramentas matemáticas para obter a resolução.

### 3.2 Algoritmos Genéticos

Nas décadas de 1950 e 1960 diversos cientistas do ramo da computação estudaram, de forma autônoma, sistemas evolutivos com o intuito de utilizá-los como uma ferramenta de otimização de problemas de engenharia. A intenção era desenvolver uma população de possíveis soluções para a otimização de problemas através do uso de operadores inspirados na variação genética e na seleção natural (MITCHELL, 1998).

Neste período, Holland introduziu os algoritmos genéticos (AGs). Seu objetivo era compreender o fenômeno da adaptação ocorrida na natureza e, a partir deste conhecimento, desenvolver formas em que os mecanismos da adaptação seriam importados para sistemas computacionais para que pudesse encontrar boas soluções a problemas de alta complexidade (MITCHELL, 1998; LINDEN, 2012).

De forma complementar Sivanandam e Deepa (2008, pág. 29) definem o algoritmo genético como “um método de resolução de problemas que usa genética como seu modelo de resolução de problemas. É uma técnica de busca para encontrar soluções aproximadas para problemas de otimização e busca”.

De acordo com Sampaio (2018), os AGs se diferenciam dos demais métodos de busca e otimização nos seguintes aspectos:

1. É utilizada uma codificação do conjunto dos parâmetros e não o próprio parâmetro;
2. Utiliza-se um grupo de possíveis soluções e não uma solução única;
3. Não são utilizadas derivadas ou conhecimentos auxiliares, mas sim a função objetivo;
4. São utilizadas regras probabilísticas e não determinísticas.

Como os algoritmos genéticos são inspirados na genética e na seleção natural, verifica-se uma analogia entre termos biológicos e termos utilizados nos AGs. Sendo assim, para melhor compreensão, segue a definição alguns termos utilizados, de acordo com Goldberg e Luna (2005) e Linden (2012):

- Cromossomo: retrata um indivíduo na população;
- Gene: simboliza um componente do cromossomo;
- População: agrupamento de indivíduos; representa um conjunto de soluções para o problema;
- Operadores genéticos: operações realizadas sobre cada cromossomo;
- Espaço de busca: espaço em que as possíveis soluções estão compreendidas.

Na Figura 1, tem-se uma representação geral do funcionamento dos Algoritmos Genéticos.

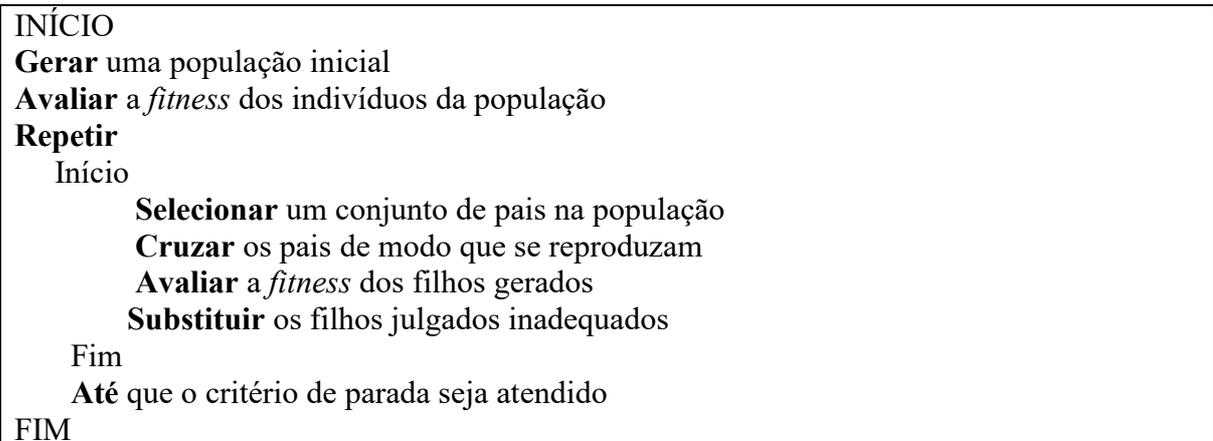


Figura 1. Representação do método de algoritmo genético.  
Fonte: GOLDBARG e LUNA (2005).

Em cada iteração são escolhidos dois pais para o cruzamento e, nesta operação, as informações dos pais são trocadas para gerar uma solução filho. Após o cruzamento, é realizada a mutação, na qual alguns genes do cromossomo da solução filho são modificados aleatoriamente. Em cada iteração, a solução obtida é comparada com os demais membros da população. Se esta solução for mais adequada em relação aos outros membros, ela irá substituir o membro que apresenta o pior desempenho, senão, a solução será desprezada. Este processo continua sendo realizado até que o critério de parada seja atendido (CHAUDHRY e USMAN, 2017).

### 3.2.1 Componentes do Algoritmo Genético

- a) **Representação ou Codificação:** Segundo Eiben e Smith (2015), em um primeiro momento, o “mundo real” deve ser vinculado ao “mundo do algoritmo evolucionário”. É criada uma ponte entre o contexto original do problema e o espaço de soluções do problema, sendo necessário definir como as possíveis soluções serão especificadas e armazenadas de maneira que o computador consiga manipulá-las. Atribui-se a terminologia de fenótipos para os objetos que formam possíveis soluções no contexto original e genótipos para a codificação das possíveis soluções.
- b) **Avaliação ou *fitness*:** De acordo com Linden (2012), no algoritmo genético, a função de avaliação tem o objetivo de determinar a qualidade de um indivíduo como solução para o problema analisado. Para isso, uma nota é atribuída ao indivíduo e utilizada para determinar o quão bom esse indivíduo é para a resolução do problema. Ademais, o processo de avaliação deve ser capaz de representar os requisitos necessários a que uma população deve se adaptar.
- c) **Seleção:** Ainda conforme Linden (2012), a escolha dos pais simula o mecanismo de seleção natural em que os indivíduos com as melhores notas são escolhidos para gerarem filhos. No entanto, indivíduos com menor pontuação também podem gerar filhos pois, se somente os melhores gerarem descendentes, a população tende a ser formada de indivíduos cada vez mais parecidos, faltando, assim, diversidade para a população. Para que essa escolha seja realizada existem diferentes métodos. Neste

trabalho, é utilizado o método da seleção por torneio. Conforme Baeck; Fogel e Michalewicz (2018), neste método, um grupo de indivíduos é selecionado aleatoriamente para participar de uma competição (torneio), onde o vencedor é definido pelo seu valor de aptidão. Normalmente, os torneios são executados entre dois indivíduos (torneio binário).

d) Operadores Genéticos:

- Cruzamento ou Reprodução: nesta etapa, o algoritmo busca criar melhores soluções a partir da realização de combinação do material genético dos pais selecionados (LARRAIAGA e LOZANO, 2002). Segundo Sivanandam e Deepa (2008), no processo de cruzamento de um ponto é realizado um corte nos cromossomos, separando-os em duas partes. Após os cortes, a troca é realizada. Já no cruzamento multipontos são escolhidos dois pontos de corte e o material localizado entre os pontos escolhidos é trocado. As Figuras 2 e 3 ilustram os dois tipos de cruzamento.

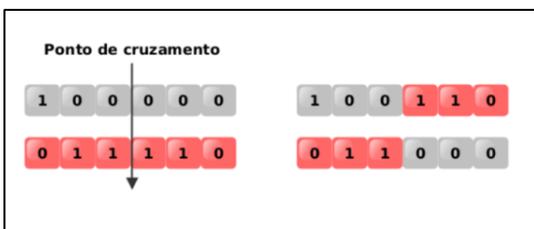


Figura 2. Cruzamento de um ponto.  
Fonte: MARIANO et al. (2021).

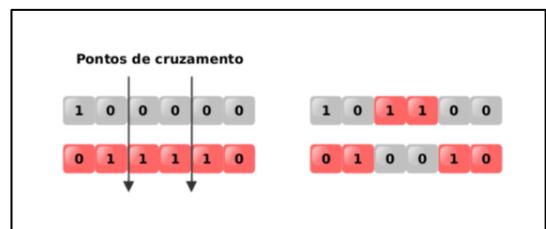


Figura 3. Cruzamento multipontos.  
Fonte: MARIANO et al. (2021).

- Mutação: no processo da mutação, há a modificação de um ou mais genes de indivíduos de forma aleatória (LARRAIAGA e LOZANO, 2002). Segundo Sivanandam e Deepa (2008), o processo de mutação vai garantir que haja a diversidade genética na população. Mariano et al. (2021) destacam que na mutação de inserção são escolhidos, aleatoriamente, dois genes do indivíduo. O primeiro é movido, depois o segundo e assim sucessivamente. Neste processo a informação de ordem não é muito modificada. Já na mutação de inversão são escolhidos, aleatoriamente, dois genes do indivíduo e, posteriormente, há a inversão de todos os genes. Neste processo, a informação adjacente entre os genes é preservada e a informação de ordem é perdida. As Figuras 4 e 5 esquematizam a mutação de inserção e de inversão.

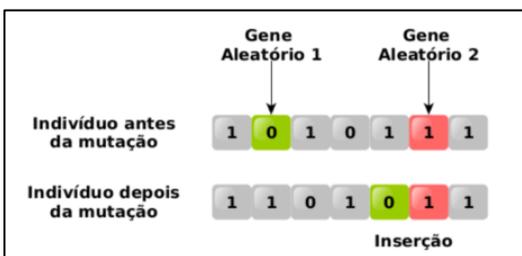


Figura 4. Mutação de inserção.  
Fonte: MARIANO et al. (2021).

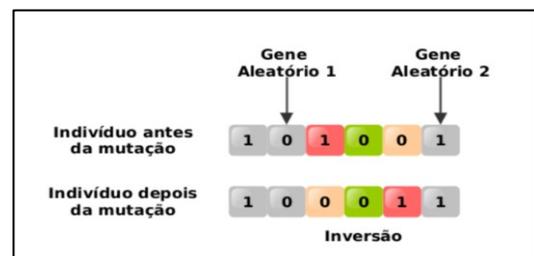


Figura 5. Mutação de inversão.  
Fonte: MARIANO et al. (2021).

### 3.2.2 Parâmetros genéticos

Alguns parâmetros afetam diretamente o funcionamento dos algoritmos genéticos. Mariano et al. (2021) destacam alguns deles:

- Número de gerações: um dos critérios de parada do algoritmo genético. Se for executado um pequeno número de iterações uma boa solução pode não ser encontrada e, um número alto de iterações pode aumentar o tempo gasto para se obter uma boa solução;

- Tamanho da população: número de indivíduos existentes em cada geração do algoritmo genético. Grandes populações costumam utilizar um maior tempo de execução e uma população pequena pode não fornecer uma boa cobertura de espaço do problema;

- Taxa ou probabilidade de cruzamento: percentual que aponta a possibilidade de um indivíduo formar novos indivíduos. Altas taxas de cruzamento costumam acrescentar mais rapidamente novas características à população, no entanto, pode levar a perda de bons indivíduos;

- Taxa ou probabilidade de mutação: indica a possibilidade de um indivíduo em sofrer alterações em suas características. É responsável pela diversificação da população no AG.

### 3.2.3 Critérios de parada

O critério de parada indica o momento em que se deve finalizar a execução do algoritmo genético. Matos (2018) aponta alguns dos motivos que levam a essa finalização: a) alcançar o número de gerações predefinidas, b) não verificar melhoras na população a  $x$  iterações, c) um indivíduo alcançar, na avaliação, a pontuação determinada anteriormente.

Eiben e Smith (2015) verificam duas principais formas para a finalização de um AG: a) quando é possível observar um padrão ótimo quanto aos indivíduos da população, b) quando não é possível observar um padrão quanto aos indivíduos. Nesta, os autores citam alguns motivos que podem levar finalização do AG, são eles:

- a) O tempo máximo da CPU é alcançado;
- b) O limite determinado de avaliações de aptidão é obtido;
- c) Não é visto um aumento ou mudança na aptidão por um determinado período;
- d) Queda da diversidade populacional em relação ao limite definido.

### 3.3 Qualidade de Vida no Trabalho

Apesar deste trabalho ter um caráter quantitativo indiscutível, existe um fator qualitativo relacionado ao assunto trabalhado. A concessão de benefícios não obrigatórios por lei relaciona-se intimamente com a preocupação, por parte dos empregadores, em proporcionar maior qualidade de vida e satisfação dos colaboradores no exercício de suas funções. Desta forma, torna-se importante discorrer sobre este assunto.

A gestão da Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) vem sendo utilizada de forma estratégica pelas organizações de modo a gerar um diferencial para que se mantenham competitivas no mercado. O resultado gerado por uma boa gestão da qualidade de vida pode representar um aumento significativo na produtividade dos trabalhadores (LIMA, 2019).

A qualidade de vida engloba diversos fatores, entre eles, parâmetros psicossociais, saúde e bem-estar no ambiente organizacional, assim como a adequação de recursos e infraestrutura disponibilizados pelas organizações. Políticas e regulamentos baseados nas considerações dos funcionários sugerem uma melhora considerável na produtividade em função de componentes

subjetivos, como confiança, empenho, satisfação e controle (LEITÃO; PEREIRA e GONÇALVES, 2019).

Segundo Chiavenato (2010) a QVT se trata de um conceito complexo que envolve vários fatores, tais como, a satisfação gerada a partir da realização do trabalho, as possibilidades de futuro na organização, o reconhecimento obtido a partir dos resultados atingidos, a percepção sobre o salário, os benefícios disponibilizados, os relacionamentos na organização, o ambiente físico e psicológico, a responsabilidade para a tomada de decisões e a possibilidade de participação ativa na empresa.

Chiavenato (2022) destaca que da perspectiva da organização, os benefícios são considerados e avaliados a partir do seu custo total, de seus custos proporcionais e dos benefícios disponibilizados por outras organizações. Já da perspectiva dos colaboradores, os benefícios são avaliados pela sua equidade e conformidade sobre às necessidades e expectativas.

A decisão da empresa em relação à forma pela qual seus funcionários se deslocarão até o trabalho precisa ser vista com um olhar estratégico. O simples cumprimento da legislação e oferta de vale-transporte como benefício pode não ser a melhor alternativa. Souto Maior et al. (2019) afirmam que nem sempre o instrumento é eficaz devido a questões de mobilidade urbana. Nesse contexto, algumas empresas optam por maneiras alternativas, como por exemplo, contratar veículos para buscarem os colaboradores em suas casas (ou em pontos próximos delas) e os deixarem de volta quando a jornada de trabalho é encerrada. No entanto, destaca-se que esta solução precisa ser bem planejada, caso contrário pode acarretar um tempo de locomoção maior que o necessário e/ou ocasionar maiores custos.

Com o exposto neste apanhado teórico, fica claro que a questão da mobilidade dos funcionários é um assunto a ser tratado com um olhar estratégico onde devem ser avaliados fatores quantitativos, tais como o custo e o tempo gastos para se efetuar os deslocamentos, e também fatores qualitativos associados ao bem-estar e qualidade de vida no trabalho.

#### **4. Metodologia**

Saunders et al. (2012) destacam que a pesquisa aplicada resulta em solução para um problema específico e traz novos conhecimentos limitados a tal problema. O sistema desenvolvido neste artigo utiliza de conhecimentos já estabelecidos para propor um modelo de comparação entre alternativas de transporte de funcionários aos seus locais de trabalho. Desta forma, caracteriza-se como pesquisa aplicada. Deve-se destacar que o rigor científico deve ser respeitado tanto na pesquisa básica quanto na pesquisa aplicada.

Antes de definir a estratégia de pesquisa ou empregar um determinado método, como parte da estratégia para produzir conhecimento, é necessário compreender o paradigma da pesquisa em questão. O paradigma está relacionado a crenças e pressupostos sobre a realidade (ontologia) e sobre a forma que o pesquisador acredita que o conhecimento humano é construído (epistemologia). Do ponto de vista ontológico, esta pesquisa considera a interação sujeito-objeto, ou seja, a realidade social é produto de negociação e compartilhamento de significados entre as pessoas, resulta de uma construção social. Esta ontologia de interação sujeito-objeto implica em uma epistemologia construtivista. Desta forma, este trabalho apresenta aspectos filosóficos voltados ao paradigma interpretativista.

De acordo com os objetivos, esta pesquisa é de natureza exploratória-descritiva. Saunders et al. (2012) discutem que este tipo de pesquisa representa um meio de se investigar acerca de um determinado assunto, podendo ser trabalhos precursores ou continuações de outros. A coleta de dados primários deste trabalho se deu por meio de consulta documental. O processamento e análise dos dados coletados foram feitos por meio de métodos quantitativos, especificamente, por meio de algoritmo genético binário.

## 5. Análise dos Resultados

### 5.1 O sistema proposto

O sistema “Rota Certa” foi construído em uma planilha Microsoft Excel usando os recursos do *Visual Basic For Application* (VBA). O VBA é uma linguagem de programação utilizada para automatizar rotinas, realizar cálculos e tornar a experiência de utilização da planilha semelhante à utilização de aplicativos ou sistemas gerenciais mais elaborados. Com o “Rota Certa” será possível escolher a melhor alternativa de transporte dependendo do objetivo do empregador em um determinado momento. Este objetivo pode considerar custo, tempo ou mesmo levar em conta a qualidade de vida e a satisfação do funcionário em relação à alternativa de transporte que o levará até o seu local de trabalho.

A primeira tela que o usuário verá é a tela de *login*, apresentada na Figura 5. Ao entrar no sistema, há a opção de “cadastrar colaborador” e de “gerar rota”, conforme mostra a Figura 6. A opção de cadastrar colaborador serve tanto para cadastrar um novo colaborador e suas características quanto para editar informações de colaboradores já incluídos. A Figura 7 mostra a tela com as informações dos colaboradores. Independentemente da alternativa, o primeiro dado que será necessário inserir refere-se ao conjunto de colaboradores e seus respectivos dados. O “ID” é preenchido automaticamente e representa o número do cadastro do funcionário no sistema. O “Mês de análise” é importante para que o cálculo dos dias que o funcionário deverá estar presencialmente na empresa seja feito corretamente. Dependendo do mês, a quantidade de dias necessários para o computo do valor a ser gasto com o transporte poderá variar. No campo “Colaborador”, o usuário do sistema deverá preencher com o nome do funcionário. Existe a opção de digitar o endereço completo ou apenas o Código de Endereçamento Postal (CEP). É utilizada uma Interface de Programação de Aplicação - *Application Programming Interface* (API) para preenchimento dos endereços (VIACEP, 2022). Por meio da API, ao digitar o CEP, o endereço é completado automaticamente, sem a inclusão do número da residência do funcionário. Caso o usuário deseje preencher o endereço completo, ele ainda deverá preencher o campo “Número” e “Bairro”. No entanto, é possível salvar e gerar as rotas apenas com o preenchimento dos CEPs. Por fim, devem ser marcados quais os dias da semana cada colaborador deverá estar presencialmente na empresa. Com esta informação e o mês de referência, o sistema irá calcular quantos dias de deslocamento até a empresa cada funcionário terá.



Figura 5. Tela de entrada.  
Fonte: os autores.



Figura 6. Opções de cadastro e/ou geração de rota.  
Fonte: os autores.

A interface de cadastro de colaborador do sistema "ROTA CERTA". No topo, há o ícone de usuário e o título "ROTA CERTA". Abaixo, há um formulário com os seguintes campos: "Mês de análise" (menu suspenso), "ID" (campo de texto), "Colaborador" (campo de texto), "CEP" (campo de texto), "Endereço" (campo de texto), "Número" (campo de texto), "Bairro" (campo de texto), "Complemento" (campo de texto), "Cidade" (campo de texto), "Dias" (sete caixas de seleção rotuladas S, T, Q, Q, S, S, D). No fundo, há dois botões: "voltar" e "salvar".

Figura 7. Cadastro colaborador.  
Fonte: os autores.

A pandemia da COVID-19 possibilitou que o mundo todo vivenciasse a possibilidade da realização do trabalho remoto como alternativa para a continuidade da atividade econômica

global. Podem existir necessidades diferentes para cada tipo de colaborador, ou seja, colaboradores que deverão estar na empresa presencialmente de segunda a sexta, outros não. Dessa forma, estas particularidades deverão ser inseridas uma de cada vez nos cadastros individuais de cada funcionário. A localização dos colaboradores pode ser vista plotada em um mapa por meio da utilização da API *Maps* do Google (GOOGLE, 2022a).

Com os colaboradores cadastrados e sem edições a serem feitas, o usuário deve “salvar” as informações na tela de cadastro apresentada na Figura 7, clicar em “voltar” para retornar à tela apresentada na Figura 6 e gerar as rotas. Por meio do “ROTA CERTA” é possível comparar três alternativas distintas para a mobilidade de colaboradores de suas residências até o trabalho:

- serviço municipal de transporte público;
- aplicativo de transporte;
- empresa privada de transporte urbano.

Ao clicar em “gerar rota”, o gestor será levado a uma nova tela (Figura 8) e deverá escolher entre as três alternativas disponíveis da metodologia. Para cada uma das alternativas, existe um conjunto de *inputs* necessários que o gestor deverá inserir. A tela de *input* para o caso do “transporte público municipal” é apresentada na Figura 9. Neste caso, o usuário deverá inserir o valor do vale-transporte coletivo da cidade em questão e o número de passagens por dia que é fornecido pela empresa ao colaborador. Ao clicar em calcular, o sistema fará a multiplicação da quantidade de vales necessária pelo valor do vale-transporte, considerando também a necessidade geral de vales da empresa, obtida na tela de cadastro onde o gestor deve ter preenchido a quantidade de dias por semana que cada trabalhador deverá estar na empresa presencialmente, bem como o mês para o qual a análise está sendo feita. O valor médio gasto por colaborador diariamente e mensalmente, bem como o valor total para cada situação é apresentado conforme pode ser visto na Figura 10.

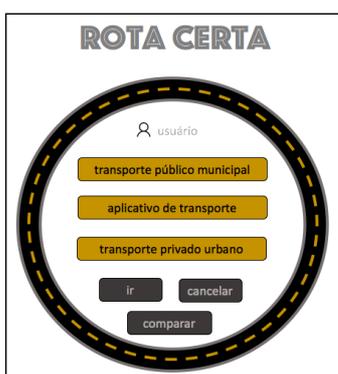


Figura 8. Tela de escolha da alternativa.  
Fonte: os autores.



Figura 9. Tela de input da alternativa “transporte público municipal”.  
Fonte: os autores.

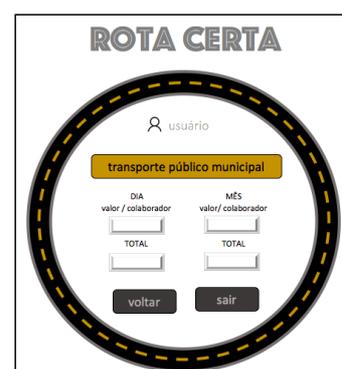


Figura 10. Tela de resultado da alternativa “transporte público municipal”.  
Fonte: os autores.

Na alternativa de “aplicativo de transporte”, é necessário inserir o valor pago por cada quilometro rodado, o número de viagens que serão feitas por dia e a capacidade do veículo, conforme pode ser visto na Figura 11. Neste caso, ao acionar o cálculo, será iniciada uma rotina de procedimentos para chegar ao resultado final. Primeiramente, por meio da API *Maps* (GOOGLE, 2022a), são extraídas as latitudes e longitudes de cada ponto. Estes posicionamentos são então comparados para que sejam feitos agrupamentos de acordo com a capacidade do veículo inserida. Para cada agrupamento formado é aplicado o algoritmo

genético binário e encontrada a menor distância para cada uma das pequenas rotas. Após esta sequência de eventos, o resultado do modelo é apresentado da mesma forma que o do caso anterior (vide Figura 12).

Figura 11. Tela de input da alternativa “aplicativo de transporte”.

Fonte: os autores.

Figura 12. Tela de resultado da alternativa “aplicativo de transporte”.

Fonte: os autores.

No cenário do “transporte privado urbano”, a quantidade das pequenas rotas também está relacionada à capacidade dos veículos. Da mesma forma que no caso anterior, devem ser inseridos o valor por quilometro rodado, o número de viagens por dia e a capacidade do veículo utilizado (vide Figura 13). As latitudes e longitudes de cada colaborador, obtidas pela API *Maps* são comparadas e a os pontos são agrupados de acordo com a proximidade entre eles. Nesta alternativa também é aplicado o algoritmo genético binário e o resultado é apresentado em uma tela como a da Figura 14.

Se foram cadastrados os *inputs* para pelo menos duas situações, há a opção de comparar rotas. Esta opção só estará disponível caso mais de um conjunto de *inputs* tenha sido inserido no sistema. Ao comparar rotas o resultado para aquelas onde houve a inserção dos *inputs* do problema é apresentado graficamente, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 13. Tela de input da alternativa “transporte privado urbano”.

Fonte: os autores.

Figura 14. Tela de resultado da alternativa “transporte privado urbano”.

Fonte: os autores.

Figura 15. Tela de comparação dos resultados.

Fonte: os autores.

## 5.2 Aplicação a um caso real

Para apresentar a aplicabilidade da metodologia proposta, foram utilizados dados reais coletados em uma empresa de Uberlândia - MG. A empresa possui 57 colaboradores distribuídos conforme apresentado no mapa da Figura 16.

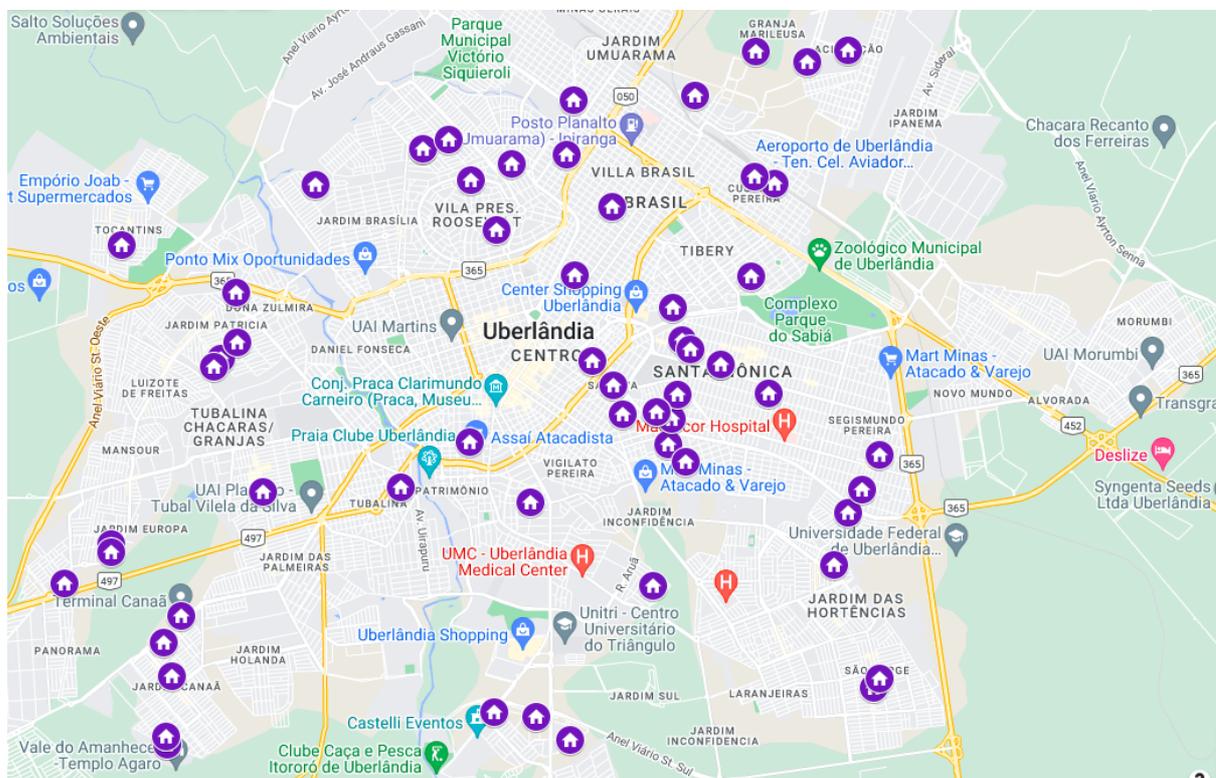


Figura 16. Mapa com os locais das residências dos colaboradores da Empresa.  
Fonte: os autores.

A simulação foi feita considerando que os funcionários devem estar presencialmente na empresa de segunda a sexta, ou seja, cinco dias por semana. Foi considerado o mês de agosto de 2022, que tem cinco segundas-feiras úteis e 4 terças, quartas, quintas e sextas-feiras úteis, totalizando 21 dias no total. Além disso, foram consideradas duas viagens por dia para cada colaborador.

Para o transporte público municipal, foi considerada a tarifa de vale-transporte de R\$4,50. Desta forma, o valor encontrado para esta situação foi de R\$10.773,00 no total, o que corresponde a R\$189,00 por colaborador por mês. Deve-se destacar que para esta alternativa, a empresa pode descontar até 6% do salário do funcionário para custear as suas despesas com deslocamento. No entanto, o sistema não contempla esta funcionalidade. Não foi possível obter a informação do salário dos colaboradores da empresa do estudo, mas se for feita uma suposição e for considerada uma média salarial de 1,5 salários mínimos, o valor com esta situação seria pouco mais de R\$4.550,00, por conta do desconto permitido por lei. Deve-se destacar também que a alternativa do transporte público foi considerada para todos os funcionários, mesmo que alguns deles possam não utilizar este tipo de meio de deslocamento até o local de trabalho.

Ao considerar a alternativa de utilização de aplicativos de transporte, os parâmetros inseridos para cálculo foram: duas viagens por dia, 3 pessoas por veículo e R\$2,50 o valor do quilômetro rodado. Os 57 colaboradores foram divididos em 19 rotas conforme suas posições geográficas na cidade (latitude e longitude). Para cada uma das rotas foi aplicado o algoritmo genético binário para obter a rota de menor distância que colete os três colaboradores e chegue

até o local de trabalho. A Figura 17 apresenta a quilometragem em cada uma das 19 rotas e o total percorrido em cada viagem. Desta maneira, considerando-se duas viagens por dia, o custo mensal total da alternativa seria de R\$25.075,05 ou R\$439,91 por colaborador.

Rota 1 15,55	Rota 2 16,3	Rota 3 21,8	Rota 4 22,1	Rota 5 15,3
Rota 6 12,56	Rota 7 20,9	Rota 8 9,85	Rota 9 7,8	Rota 10 7,2
Rota 11 7	Rota 12 8,8	Rota 13 7,9	Rota 14 7,7	Rota 15 9,55
Rota 16 8,35	Rota 17 11,15	Rota 18 13,8	Rota 19 15,2	TOTAL 238,81

Figura 17. Quilômetros percorridos em cada rota da alternativa que utiliza carros de aplicativos de transporte.  
Fonte: os autores.

Para a alternativa do deslocamento ser realizado por meio de empresa de transporte urbano, foram considerados os seguintes parâmetros: 2 viagens por dia, dois conjuntos de rotas (uma com 28 e a outra com 29 funcionários) e R\$4,00 por km/rodado. Os colaboradores foram divididos nas rotas conforme suas localizações na cidade (latitude e longitude). Para cada uma delas foi aplicado o algoritmo genético binário para obter o menor trajeto que contemple todos os funcionários e os leve ao local de trabalho. O total percorrido nesta alternativa foi de 122,31 quilômetros (50,25 na primeira rota e 72,06 na segunda). Isso levará a um valor total mensal para duas viagens por dia de R\$20.548,08 ou R\$360,49 por colaborador.

Percebe-se que para esta empresa, com os parâmetros utilizados, a alternativa do vale-transporte coletivo municipal é a alternativa mais barata, seguida do transporte privado urbano e, por fim, a utilização de veículos de aplicativos de transporte.

No entanto, deve-se destacar que a escolha pelo método de transporte que levará os colaboradores até a empresa não necessariamente precisa se basear no caráter unicamente financeiro. Por diferentes motivos, a empresa pode optar por oferecer uma diferenciação neste serviço aos seus funcionários. Por exemplo, logo que a pandemia da COVID-19 foi se amenizando e a vida foi retomando ao ritmo de antes, as empresas começaram a voltar a funcionar presencialmente, os meios de transporte públicos começaram a voltar ao funcionamento normal, mas ainda com um risco grande de infecção pelo vírus, mesmo tomando os devidos cuidados, devido ao congestionamento de pessoas nos pontos e dentro nos veículos de transporte. Neste contexto, algumas empresas poderiam querer analisar maneiras alternativas de transporte para seus funcionários até os locais de trabalho. Mesmo não sendo as mais viáveis financeiramente, em um momento de grave crise sanitária, poderia ser uma alternativa que deixaria os funcionários mais seguros e conseqüentemente mais tranquilos para exercerem suas funções e trazer os benefícios de produtividade para as empresas. Este exemplo da pandemia é apenas uma possibilidade apresentada, mas o contexto para oferecer tais métodos alternativos pode ser dos mais variados possíveis. A pandemia mostrou ao mundo toda a possibilidade de negócios poderem ser prósperos independentemente do trabalho presencial dos colaboradores. Neste sentido, pode ser avaliada uma alternativa de transporte alternativa ao serviço público municipal em alguns dias da semana, ao invés de considerar a semana toda.

Em um mundo onde a gestão de custos é cada vez mais complexa, por vezes torna-se mais fácil cumprir apenas o que a legislação postula, pois isso já consome uma parte considerável da receita das empresas. Porém, oferecer benefícios não obrigatórios aos colaboradores pode ser uma estratégia empresarial para reter e atrair colaboradores. Isso pode

ajudar a construir uma cultura diferenciada na empresa elevando o grau de satisfação das pessoas que compõem o quadro de funcionários da organização.

## **6. Conclusão / Contribuição**

Este trabalho apresentou uma proposta de metodologia para analisar alternativas distintas de transporte de colaboradores até os locais de trabalho. A consulta é feita por meio de um sistema desenvolvido em uma planilha do Microsoft Excel que utiliza a linguagem VBA para operacionalizar as rotinas, processar e acessar cada informação. Para a análise das alternativas, foram utilizados métodos quantitativos de apoio a tomada de decisão que fornecem como conclusão os custos associados a cada uma das possibilidades. No entanto, apesar deste caráter matemático e exato, a decisão por uma determinada alternativa pode ir muito além da simples comparação dos custos entre as escolhas possíveis. Existem fatores subjetivos a serem levados em conta, como por exemplo, o tempo e o conforto do funcionário no deslocamento entre casa e trabalho que pode ter consequências em sua satisfação e produtividade no desenvolvimento das atividades diárias.

Na simulação realizada, o custo foi mais elevado nas duas alternativas distintas do vale-transporte. A alternativa do vale-transporte, além de apresentar o menor custo, ainda possibilita que haja o desconto na folha de pagamento dos colaboradores, o que reduz ainda mais o impacto financeiro da alternativa. No entanto, a simulação foi feita para o caso de todos os funcionários trabalharem presencialmente cinco dias por semana, o que não necessariamente precisa acontecer, especialmente nos dias atuais depois de tantas experiências bem-sucedidas com a necessidade do home-office acarretada pela pandemia da COVID-19. De acordo com Half (2020), o home-office passou a ser um dos benefícios mais almejados por funcionários. O autor destaca que 86% dos entrevistados em sua pesquisa gostariam de trabalhar remotamente com mais frequência do que antes do surgimento da COVID-19. Sendo assim, aliar a possibilidade de alguns dias em home-office com uma diferenciação na alternativa de mobilidade dos funcionários poderia representar uma estratégia diferenciada de uma empresa no mercado de trabalho tão competitivo dos dias atuais.

Também é importante comentar que o sistema apresentado nesta pesquisa é flexível. Outros parâmetros diferentes dos utilizados na apresentação feita neste artigo podem ser considerados. É possível alterar os valores dos custos por quilômetro, os dias da semana a serem trabalhados, o número de viagens por dia, a capacidade dos veículos e o preço do vale-transporte municipal. Além disso, o sistema pode ser facilmente expandido para que se inclua outras alternativas além das três consideradas neste estudo, como por exemplo, aluguel de veículo para que a própria empresa faça o transporte dos funcionários ou aquisição de veículos próprios destinados a esta finalidade.

Além disso, o tipo de metodologia e sistema proposto e descrito neste artigo pode ser utilizado com outros objetivos diferentes do originalmente aqui exposto, ou seja, da escolha da alternativa de transporte de colaboradores. Por se tratar de um sistema que avalia rotas, pode ser usado, fazendo-se algumas adaptações, para empresas de entrega ou qualquer outra que necessite avaliar e/ou criar rotas para operacionalização de suas atividades.

O tipo de sistema apresentado nesta pesquisa fornece aos gestores a possibilidade de tomar decisão com base em algoritmos sofisticados mesmo sem que eles tenham o conhecimento técnico acerca dos mesmos, pois as informações são fornecidas por meio de indicadores e gráficos de fácil leitura e entendimento pelo usuário. Aliado ao dado puramente numérico, o gestor pode incluir o caráter qualitativo e humano à sua decisão e com isso ter a possibilidade de gerir de forma acertada as questões que lhe competem.

## Referências Bibliográficas

BAECK, Thomas; FOGEL, David B.; MICHALEWICZ, Zbigniew. **Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators**. [S. l.]: CRC Press, 2018. 378 p.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Brasil: Planalto, [2022a]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm). Acesso em: 20 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 7.418, de 16 de dezembro de 1985**. Institui o Vale-Transporte e dá outras providências. Brasil: Planalto, [2022b]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17418.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17418.htm). Acesso em: 20 jun. 2022.

CHAUDHRY, Imran Ali; USMAN, Muhammad. Integracija projektiranja tehnoloških procesa i planiranja primjenom genetičkih algoritama. **Tehnički vjesnik**, [s. l.], ano 2017, v. 24, ed. 5, p. 1401-1409, 2017. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/188236>. Acesso em: 13 jul. 2022.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 579 p.

CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos Humanos: o capital humano das organizações**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2015. 520p.

CHIAVENATO, Idalberto. **Remuneração, benefícios e relações de trabalho: Como reter talentos na organização**. 8. ed. Barueri: Atlas, 2022. 149 p.

DAVENDRA, Donald. **Traveling salesman problem, theory and applications**. Rijeka: InTech, 2010. 338 p.

EIBEN, A. E.; SMITH, J. E. **Introduction to Evolutionary Computing**. 2. ed. Amsterdam: Springer, 2015. 287 p.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Pesquisa Operacional: para cursos de administração, contabilidade e economia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 350 p.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. **Otimização combinatória e programação linear: Modelos e algoritmos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 518 p.

GOOGLE. Maps Application Programming Interface-API. GoogleCloudConsole. 2022a.

GOOGLE. Distance Matrix Application Programming Interface-API. GoogleCloudConsole. 2022b.

HALF, Robert. Home office agrada a maioria: como será a volta ao escritório? Disponível em: <https://www.roberthalf.com.br/blog/tendencias/home-office-agrada-maioria-como-sera-volta-ao-escritorio>. 2020. Acesso em 22 jul. 2022.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 1023 p.

LARRAIAGA, Pedro; LOZANO, Jose A. **Estimation of Distribution Algorithms: A New Tool for Evolutionary Computation**. [S. l.]: Springer Science + Business Media New York, 2002. 382 p.

LEITÃO, João; PEREIRA, Dina; GONÇALVES, Ângela. Quality of Work Life and Organizational Performance: Workers' Feelings of Contributing, or Not, to the Organization's Productivity. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 16, ed. 20, 2019. DOI 10.3390/ijerph16203803. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/20/3803/htm>. Acesso em: 22 jul. 2022.

LIMA, João Henrique de. **Gestão de qualidade de vida no trabalho numa empresa do setor de embalagens plásticas do norte do Paraná**. Orientador: Silvana Rodrigues Quintilhano. 2019. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado de Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12291/1/LD\\_COENP\\_2019\\_2\\_08.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12291/1/LD_COENP_2019_2_08.pdf). Acesso em: 22 jul. 2022.

LINDEN, Ricardo. **Algoritmos Genéticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012. 496 p.

MARIANO, DCB (org.) et al. **BIOINFO - Revista Brasileira de Bioinformática e Biologia Computacional**. 1. Ed. Vol 1. ISBN: 978-6-599-275326. Lagoa Santa: Alfahelix, 2021. DOI: 10.51780/978-6-599-275326. Disponível em: <https://bioinfo.com.br/bioinfo-01/>. Acesso em: 14 jul. 2022.

MATOS, Maicon Douglas dos Santos. **Aplicação de Algoritmos Genéticos para a Mineração de Regras SE-ENTÃO em Conjuntos de Dados com Distribuição Não-Linear**. Orientador: Laurence Rodrigues do Amaral. 2018. 148 f. Dissertação (Mestre em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20950>. Acesso em: 17 jul. 2022.

MITCHELL, Melanie. **An Introduction to Genetic Algorithms**. Cambridge: Copyright, 1998. 158 p.

SAMPAIO, Amanda Sousa. **Avaliação do operador elitismo na detecção de vazamentos em rede de distribuição de água utilizando o método transiente inverso e algoritmo genético**. Orientador: John Kenedy de Araújo. 2018. 145 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/32226/5/2018\\_dis\\_assampaio.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/32226/5/2018_dis_assampaio.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.

SANTOS, Camila Remigo de Queiroz; OTTMANN, Guilherme; CORDEIRO, Renata de Souza. **Uma análise comparativa dos índices de pesquisa e desenvolvimento e desempenho logístico entre 2015 e 2019 para o problema de roteamento de veículos**. Orientador: Marcelo de Almeida Carvalhal. 2020. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/29337>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business studies**. 6<sup>th</sup> ed. England: Pearson Education Limited.

SIVANANDAM, S. N.; DEEPA, S. N. **Introduction to Genetic Algorithms**. [S. l.]: Springer, 2008. 442 p.

SOUTO MAIOR, Caio Bezerra; LINS, Isis Didier; MOURA, Márcio das Chagas; SANTANA, Débora Mendonça. Roteirização de veículos para transporte de funcionários: estudo de caso em Pernambuco. **XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM**, Rio de Janeiro, 2019.

VIACEP. Application Programming Interface-API. 2022. Disponível em: <https://viacep.com.br>. Acesso em 19 jul. 2022.