

## OTIMIZAÇÃO DE ROTAS NA CIDADE DE JABOTICABAL UTILIZANDO O MÉTODO EVOLUTIONARY

### *ROUTE OPTIMIZATION IN JABOTICABAL CITY USING EVOLUTIONARY METHOD*

Caroline Marciano Costa - carol.marciano@hotmail.com

Alaf Rogerio Dalmazo - alafxdl@hotmail.com

Tiago Rangel Lima da Silva - tiago.silva141@fatec.sp.gov.br

Oswaldo Lazaro Mendes - oswaldo.lazaro@fatecbb.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (FATEC) –SP –Brasil

**DOI: 10.31510/infa.v16i2.678**

### RESUMO

O presente artigo foi elaborado tendo como base um estudo para a otimização de rotas entre 19 estabelecimentos e duas entradas na cidade de Jaboticabal, no interior de São Paulo. Sua finalidade foi estudar as rotas e seus possíveis caminhos propondo uma melhoria para a mesma, identificando o melhor caminho. Para realização deste trabalho utilizou-se de pesquisa bibliográfica em livros e em artigos da internet e a resolução do problema proposto se deu por meio da planilha eletrônica Excel da Microsoft e da sua ferramenta Solver utilizando o método Evolucionário. Com a análise dos resultados foi possível observar qual o melhor caminho a ser escolhido. Como as empresas nos dias atuais necessitam de rapidez na distribuição logística, conclui-se que é fundamental a utilização de ferramentas computacionais como o Solver do Excel para a otimização das informações e auxílio na tomada de decisão, gerando assim menores custos para as empresas.

**Palavras-chave:** Logística. Pesquisa Operacional. Roterização

### ABSTRACT

This article was elaborated based on a study for the optimization of routes between 19 establishments and two entrances in the city of Jaboticabal, in the interior of São Paulo. Your purpose was to explore the possible routes for improvement to identify the pathway. To perform this work we used bibliographic research in books and articles on the Internet and the solution of the proposed problem was done through Microsoft Excel spreadsheet and its tool Solver using the Evolutionary method. With the analysis of the results it was possible to observe which the best way to be chosen. As companies nowadays need fast logistics distribution, it is concluded that the use of computation tools such Excel Solver is essential for information optimization and decision making aid, thus generating lower costs for companies

**Keywords:** Logistics. Operational Research. Routin

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais obstáculos atuais da logística é encontrar uma rota ao qual a empresa consiga entregar seu produto no menor tempo para o seu cliente e diminuir suas despesas. O que ainda não está claro é o impacto das rotas e suas consequências para a empresa, tanto na sua receita, quando no tempo, afinal, tempo é dinheiro.

A logística vem cada vez mais assumindo um papel importante para as sociedades industriais e comerciais (DETONI, 2003).

Segundo Daganzo (1996), a logística se baseia em um conjunto de atividades com o objetivo de transportar mercadorias entre suas origens e seus destinos, ou seja, do ponto de produção aos clientes destinados, visando sempre o tempo e sua capacidade.

Tendo em vista o problema abordado, esse trabalho tem como objetivo analisar os trajetos entre os 19 estabelecimentos e as duas entradas da cidade de Jaboticabal, tanto por linha reta usando como meio de transporte um Drone, quanto por rota onde será utilizado a entrega por uma determinada transportadora, visando mostrar qual será o melhor caminho para cada um dos trajetos através de dados coletados e trabalhados dentro da ferramenta Solver do Microsoft Excel.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Logística

Segundo pesquisa do Instituto de Logística e Supply Chain (Ilos) (2019) estima-se que 12,3% do PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil se refere aos custos logísticos, o transporte de carga representa 7,6% desse PIB. Devido a falta de conhecimento dos prestadores de serviço sobre as características do mercado que atuam, passam por dificuldades na criação de estratégias e no posicionamento diante das concorrências. A estrutura organizacional é uma das limitações encontradas nas empresas brasileiras, em busca de suas evoluções (NOVAES, 2007);

As empresas se dividem em alguns setores como: finanças, marketing, vendas, manufatura, transporte e armazenagem, não permitindo o tratamento sistêmico e por processo das operações logísticas (NOVAES, 2007).

Estimulando esse comércio, os custos das suas rotas logísticas são uns dos fatores mais importantes, visando atender a todos os clientes de forma mais econômica possível.

Logística vem da origem francesa “logistique”, do verbo grego loger, significado alojar. Seu termo é de origem militar e tem significado como a arte de transportar, abastecer e alojar as tropas. Com o passar dos anos o significado foi se aperfeiçoando, abrangendo assim outras áreas como a gerência de estoques, armazenagem e movimentação.

A logística é vital para as empresas, consumidores, organizações e economia em geral, devido a várias razões, uma delas é o fato de haver uma grande dimensão geográfica de

fornecedores e clientes, tendo assim uma maior concorrência entre empresas que oferecem o serviço de transporte a terceiros.

Enquanto para Ballou (2006), se trata de atividades de armazenagem e movimentação, facilitando assim o fluxo de mercadorias desde os materiais para a confecção do produto até ao seu cliente final, com o propósito de providenciar os níveis adequados e satisfazer o cliente, com um custo razoável.

Um dos fatores mais importantes para a estimulação do comércio são os custos logísticos. Tendo em vista o comércio de entre regiões de um mesmo estado e país, sendo frequentemente determinado pelas diferenças entre os seus custos de transporte entre essa região (ROSA, 2007).

A falta de infraestrutura brasileira está corroendo a receita das empresas. Estudo realizado pela Fundação Dom Cabral mostra que as companhias gastaram, em média, 12,37% do seu faturamento bruto com custos logísticos no Brasil nos últimos três anos. Ou seja, tiveram de desembolsar 15,5 bilhões de reais a mais de 2015 para cá, quando o percentual era de 11,73%. E entre as vinte principais economias do mundo, o maior custo está aqui. Nos Estados Unidos, por exemplo, as empresas despenderam 8,5% do faturamento e na China 10%.

## 2.2 Pesquisa Operacional

Segundo Colin (2017), existem vários softwares para a resolução de problemas de programação linear. Colin (2017) diz ainda que há dois grandes grupos, os de grande flexibilidade e os de baixa flexibilidade. O primeiro é aquele em que serve como suplementos de planilhas eletrônicas; já o segundo são os outros, que são usados em aplicações mais intensivas e dedicadas.

Segundo Caixeta-Filho (2015, p.10), “as técnicas de programação matemática, em particular a programação linear [...], enquadram-se sob a óptica de modelagem normativa”.

De acordo com Moreira (2015), a pesquisa operacional serve para desenvolver problemas a fim de conduzir e coordenar determinados processos em uma organização. Para que a pesquisa operacional possa ter sucesso na resolução do problema, deve-se observar o problema e modelar o mesmo.

Já para Lachtermacher (2009), uma das ferramentas que vem a contribuir significativamente são as planilhas eletrônicas como por exemplo o Microsoft Excel, o Lotus e o Quattro-Pró. Para resolver problemas no Solver, que é uma ferramenta do Microsoft Excel, deve-se inserir os parâmetros do problema, como as restrições e a função objetivo.

## 2.3 Método Evolutionary

O Método Evolutionary utiliza uma abordagem totalmente diferente da abordagem padrão do solver para procurar uma solução ideal para o modelo. Sua filosofia é baseada em genética, evolução e sobrevivência do mais apto. Assim, este tipo de algoritmo é chamado de algoritmo genético. Ao lidar com um problema de programação não linear, o Solver Não Linear começa com uma única solução (o ponto de partida) e depois se move em direções que irão

melhorá-la. Em qualquer momento o Solver padrão apenas mantém o controle de uma única solução (a melhor encontrada até então). Em contraste, o Evolutionary começa gerando aleatoriamente um grande conjunto de soluções candidatas, chamado de população. (Hillier,2014)

Ao longo de todo o processo de resolução, o Evolutionary Solver mantém o controle de toda a população de soluções candidatas. Bastante semelhante a experimentar pontos de partida diferentes com o Solver Não Linear, essa atenção às várias soluções candidatas pode ajudar a evitar uma armadilha em um ideal local. (Hillier 2014)

### 3 MATERIAS E MÉTODOS

Essa pesquisa foi feita através do método quantitativo, onde foram feitas pesquisas bibliográficas através de livros, artigos e internet. A análise dos dados foi feita através da ferramenta Solver do Excel da Microsoft.

O Excel auxilia na produção de planilhas para organização e resolução de cálculos matemáticos e apresentação de gráficos, baseados nos resultados obtidos.

Os dados que serão utilizados para fazer a roteirização são de dezenove estabelecimento e duas entradas da cidade de Jaboticabal localizado no estado de São Paulo.

Para a realização dos cálculos do projeto foi utilizado a ferramenta Solver do Excel e utilizado o método Evolutionary, pois o método simplex utilizando o Caixeiro Viajante teria com 20 pontos (20 restrições de entrada, 20 de saída, 190 de 2 nós, 1140 de 3 nós, 4845 de 4 nós, 15504 de 5 nós, 36720 de 6 nós, 77520 de 7 nós, 125970 de 8 nós, 167960 de 9 nós e 184756 de 10 nós, 167960 de 11 nós, 125970 de 12 nós, 77520 de 13 nós, 36720 de 14 nós, 15504 de 15 nós, 4845 de 16 nós, 1140 de 17 nós, 190 de 18 nós) totalizando 1044494 restrições, ou seja inviabilizando a sua utilização pelo método simplex, já pelo método Evolutionary será apenas o número de pontos menos uma restrição, totalizando  $20-1 = 19$  restrições.

Os dados foram obtidos através do Google Maps, onde foi captado tanto a distância via Drone (linha reta) quando por rota e no caso da rota foi levando em consideração o sentido, por isso o valor da distância de um determinado ponto 1 para o ponto 2 é diferente da distância do ponto 2 para o ponto 1.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram captadas as distâncias entre 19 estabelecimentos, calculando a distância entre todos, um a um, e a distância de duas entradas da cidade até os respectivos estabelecimentos. Os dados foram adicionados na planilha Excel e utilizando o método Evolutionary da ferramenta Solver foram gerados os resultados que serão mostrados e discutidos a seguir.

Através dos dados, obteve-se o menor resultado através da 1ª entrada, via Drone com 19 estabelecimentos numerados de 1 a 19 e 1 entrada, número 20 de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 – Trajeto via Drone, pela 1ª entrada**

Drone (1ª entrada)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	2,28	2,28	3	2,99	2,87	2,52	2,24	2,06	1,97	2,09	2,31	2,35	2,32	2,08	2,01	3,03	2,99	2,95	1,12	1,92	
2	2,28		0,7	1,29	2,19	1,02	0,95	0,875	1,02	1,19	1,15	1,28	1,36	1,44	1,45	1,8	2,3	2,68	2,58	4,16	
3	3	0,7		1,13	1,18	1,19	1,29	1,36	1,49	1,59	1,46	1,57	1,68	1,84	1,87	1,76	2,42	2,86	3,2	4,91	
4	2,99	1,29	1,13		0,119	0,517	0,761	0,923	0,995	0,986	0,724	0,748	0,859	1,08	1,15	0,612	1,32	1,84	2,76	4,81	
5	2,87	2,19	1,18	0,119		0,35	0,639	0,799	0,879	0,834	0,595	0,613	0,715	0,99	1,03	0,611	1,3	1,79	2,64	4,67	
6	2,52	1,02	1,19	0,517	0,35		0,41	0,502	0,568	0,524	0,302	0,359	0,493	0,703	0,739	2,5	1,3	1,75	2,32	4,34	
7	2,24	0,95	1,29	0,761	0,639	0,41		0,261	0,256	0,241	0,172	0,293	0,361	0,482	0,512	2,19	1,34	1,67	2,01	4,07	
8	2,06	0,875	1,36	0,923	0,799	0,502	0,256		0,108	0,327	0,312	0,458	0,481	0,472	0,498	1,1	1,42	1,77	1,97	3,88	
9	1,97	1,02	1,49	0,995	0,879	0,568	0,256	0,108		0,184	0,184	0,321	0,419	0,427	0,389	0,422	1,12	1,4	1,66	1,97	3,81
10	2,09	1,19	1,59	0,986	0,834	0,524	0,241	0,327	0,184		0,213	0,213	0,306	0,276	0,211	0,218	1,03	1,18	1,47	1,75	3,86
11	2,31	1,15	1,46	0,724	0,595	0,302	0,172	0,312	0,321	0,213		0,114	0,138	0,355	0,445	0,814	1,13	1,51	2,03	4,1	
12	2,35	1,28	1,57	0,748	0,613	0,359	0,293	0,458	0,419	0,306	0,114		0,147	0,314	0,39	0,671	0,975	1,37	2	4,11	
13	2,32	1,36	1,68	0,859	0,715	0,493	0,361	0,481	0,427	0,276	0,138	0,147		0,212	0,313	0,73	0,962	1,28	1,91	4,04	
14	2,08	1,44	1,84	1,08	0,99	0,703	0,482	0,472	0,389	0,211	0,355	0,314	0,212		0,86	1	1,01	1,23	1,65	3,82	
15	2,01	1,45	1,87	1,15	1,03	0,739	0,512	0,498	0,422	0,218	0,445	0,39	0,313	0,86		1,06	1,04	1,26	1,57	3,76	
16	3,03	1,8	1,76	0,612	0,611	2,5	2,19	1,1	1,12	1,03	0,814	0,671	0,73	1	1,06		0,707	1,25	2,56	4,78	
17	2,99	2,3	2,42	1,32	1,3	1,3	1,34	1,42	1,4	1,18	1,13	0,975	0,962	1,1	1,04	0,707		0,48	2,26	4,51	
18	2,95	2,68	2,86	1,84	1,79	1,75	1,67	1,77	1,66	1,47	1,51	1,37	1,28	1,23	1,26	1,25	0,48		2,02	4,28	
19	1,12	2,58	3,2	2,76	2,64	2,32	2,01	1,97	1,97	1,75	2,03	2	1,91	1,65	1,57	2,56	2,26	2,02		2,24	
20	1,92	4,16	4,91	4,81	4,67	4,34	4,07	3,88	3,81	3,86	4,1	4,11	4,04	3,82	3,76	4,78	4,51	4,28	2,24		
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	13,275	
	1,92	2,28	0,7	1,13	0,119	0,35	0,41	0,261	0,108	0,184	0,213	0,114	0,147	0,212	0,86	1,06	0,707	0,48	2,02		
20	11	1	12	9	17	7	16	6	15	14	3	13	8	18	2	5	19	4	10	35,235	
	4,1	2,31	2,35	0,419	1,4	1,34	2,19	2,5	0,739	0,86	1,84	1,68	0,481	1,77	2,68	2,19	2,64	2,76	0,986		

Fonte – Elaborada pelos Autores (2019)

O menor resultado encontrado para esse trajeto via Drone, considerando a 1ª entrada, foi de 13,275 Km, por outro lado o caminho mais longo chega a 35,235 Km conforme ilustrado pela Tabela 1.

Calculando o trajeto via Drone através da 2ª entrada, obtivemos o resultado de 16,175 Km, e o caminho mais longo encontrado, foi de 33,989 Km. Como mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Trajeto via Drone, pela 2ª entrada**

Reta (2ª entrada)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	2,28	2,28	3	2,99	2,87	2,52	2,24	2,06	1,97	2,09	2,31	2,35	2,32	2,08	2,01	3,03	2,99	2,95	1,12	4,82	
2	2,28		0,7	1,29	2,19	1,02	0,95	0,875	1,02	1,19	1,15	1,28	1,36	1,44	1,45	1,8	2,3	2,68	2,58	2,73	
3	3	0,7		1,13	1,18	1,19	1,29	1,36	1,49	1,59	1,46	1,57	1,68	1,84	1,87	1,76	2,42	2,86	3,2	2,11	
4	2,99	1,29	1,13		0,119	0,517	0,761	0,923	0,995	0,986	0,724	0,748	0,859	1,08	1,15	0,612	1,32	1,84	2,76	1,85	
5	2,87	2,19	1,18	0,119		0,35	0,639	0,799	0,879	0,834	0,595	0,613	0,715	0,99	1,03	0,611	1,3	1,79	2,64	1,99	
6	2,52	1,02	1,19	0,517	0,35		0,41	0,502	0,568	0,524	0,302	0,359	0,493	0,703	0,739	2,5	1,3	1,75	2,32	2,35	
7	2,24	0,95	1,29	0,761	0,639	0,41		0,261	0,256	0,241	0,172	0,293	0,361	0,482	0,512	2,19	1,34	1,67	2,01	2,64	
8	2,06	0,875	1,36	0,923	0,799	0,502	0,256		0,108	0,327	0,312	0,458	0,481	0,472	0,498	1,1	1,42	1,77	1,97	2,79	
9	1,97	1,02	1,49	0,995	0,879	0,568	0,256	0,108		0,184	0,321	0,419	0,427	0,389	0,422	1,12	1,4	1,66	1,97	2,87	
10	2,09	1,19	1,59	0,986	0,834	0,524	0,241	0,327	0,184		0,213	0,213	0,306	0,276	0,211	0,218	1,03	1,18	1,47	1,75	2,84
11	2,31	1,15	1,46	0,724	0,595	0,302	0,172	0,312	0,321	0,213		0,114	0,138	0,355	0,445	0,814	1,13	1,51	2,03	2,57	
12	2,35	1,28	1,57	0,748	0,613	0,359	0,293	0,458	0,419	0,306	0,114		0,147	0,314	0,39	0,671	0,975	1,37	2	2,58	
13	2,32	1,36	1,68	0,859	0,715	0,493	0,361	0,481	0,427	0,276	0,138	0,147		0,212	0,313	0,73	0,962	1,28	1,91	2,68	
14	2,08	1,44	1,84	1,08	0,99	0,703	0,482	0,472	0,389	0,211	0,355	0,314	0,212		0,86	1	1,01	1,23	1,65	2,94	
15	2,01	1,45	1,87	1,15	1,03	0,739	0,512	0,498	0,422	0,218	0,445	0,39	0,313	0,86		1,06	1,04	1,26	1,57	2,99	
16	3,03	1,8	1,76	0,612	0,611	2,5	2,19	1,1	1,12	1,03	0,814	0,671	0,73	1	1,06		0,707	1,25	2,56	2,11	
17	2,99	2,3	2,42	1,32	1,3	1,3	1,34	1,42	1,4	1,18	1,13	0,975	0,962	1,1	1,04	0,707		0,48	2,26	2,79	
18	2,95	2,68	2,86	1,84	1,79	1,75	1,67	1,77	1,66	1,47	1,51	1,37	1,28	1,23	1,26	1,25	0,48		2,02	3,33	
19	1,12	2,58	3,2	2,76	2,64	2,32	2,01	1,97	1,97	1,75	2,03	2	1,91	1,65	1,57	2,56	2,26	2,02		4,66	
20	4,82	2,73	2,11	1,85	1,99	2,35	2,64	2,79	2,87	2,84	2,57	2,58	2,68	2,94	2,99	2,11	2,79	3,33	4,66		
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	16,175	
	4,82	2,28	0,7	1,13	0,119	0,35	0,41	0,261	0,108	0,184	0,213	0,114	0,147	0,212	0,86	1,06	0,707	0,48	2,02		
20	19	4	10	5	2	18	8	13	3	14	15	6	16	7	17	9	12	1	11	33,989	
	4,66	2,76	0,986	0,834	2,19	2,68	1,77	0,481	1,68	1,84	0,86	0,739	2,5	2,19	1,34	1,4	0,419	2,35	2,31		

Fonte – Elaborada pelos Autores (2019)

Já no trajeto via rotas (mais usado entre as transportadoras/empresas) tem-se o mais curto, calculado pela 1ª entrada, o valor de 18,999 Km, respectivamente o caminho mais longo encontrado foi de 48,100 Km conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 – Trajeto via rotas, pela 1ª entrada**

Trajeto ( 1ª entrada)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		3,04	5,9	3,7	3,6	3,4	2,7	2,5	2,9	2,7	2,9	3,1	3,1	2,8	2,8	4,1	4,1	4	1,7	3,9	
2	3,5		0,8	2	1,8	1,6	1,3	1,1	1,5	1,7	1,6	1,3	1,7	1,9	1,8	2,4	2,4	2,9	3,9	5,7	
3	5,5	0,95		1,6	1,7	1,7	2,2	1,8	2,4	2,6	2,4	2,1	2,6	2,7	2,7	2	3,9	3,9	4,6	6,5	
4	3,4	1,9	1,5		0,55	0,5	1	1,2	1,2	1,4	1,2	0,95	1,4	1,5	1,5	0,8	2,7	2,7	3,3	5,6	
5	3,3	1,8	1,4	0,5		0,4	0,9	1	1,1	1,3	1,1	0,85	1,3	1,4	1,4	0,95	2	2,4	3,2	7,8	
6	2,9	1,6	1,5	0,75	0,65		0,9	0,65	1,1	1,3	1,1	0,85	1,3	1,4	1,4	1,2	2	2,4	3,2	7,8	
7	2,8	1,3	1,9	1	0,9	0,65		0,55	0,6	0,8	0,65	0,35	0,8	0,95	0,9	1,4	1,5	1,9	2,7	5,6	
8	2,5	1,4	2,1	1,2	1,1	0,9	0,24		0,4	0,65	0,45	0,6	0,65	0,75	0,7	1,7	1,7	1,8	2,6	5,4	
9	2,5	1,5	2	1	0,65	0,45	0,55	0,75		0,65	0,5	0,6	0,65	0,75	0,7	1,7	1,7	1,8	2,6	5,8	
10	2,6	1,6	2,3	1,2	0,9	0,7	0,4	0,6	0,6		0,24	0,35	0,4	0,55	0,5	1,4	1,4	1,5	2,3	5,6	
11	3	1,5	2	1	0,65	0,45	0,55	0,75	0,75	0,6		0,12	0,55	0,7	0,65	1,2	1,3	1,7	2,7	5,9	
12	3,1	1,8	2,3	1,2	0,9	0,75	0,85	1	1	0,85	0,7		0,45	1	0,95	1	1,2	1,6	2,5	6	
13	3,1	1,8	2,3	1,2	0,9	0,75	0,85	1	1	0,85	0,7	0,4		0,3	0,35	1,1	1,4	1,5	2,3	6	
14	2,5	1,9	2,6	1,5	1,2	1	0,7	0,9	0,45	0,29	0,5	0,65	0,26		0,049	1,2	1,3	1,4	2,3	5,7	
15	2,5	1,9	2,6	1,6	1,2	1	0,75	0,95	0,45	0,35	0,55	0,7	0,3	0,049		1,3	1,4	1,5	2,4	5,7	
16	4,3	3,1	2,7	1,2	1,7	1,7	2,2	2,3	2,3	2,1	1,9	1,7	1,7	2,2	2,1		1,2	2,2	3,2	8	
17	3,8	2,8	3,2	2,2	1,8	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	1,4	1,7	1,2	1,7	1,6	1,5		0,55	2,6	9,9	
18	3,9	3,2	3,9	2,9	2,5	2,4	2,1	2,3	1,8	1,7	1,9	2	1,6	1,7	1,7	2,2	0,65		2,7	7,1	
19	1,7	4	4,6	3,5	3,2	3	2,7	2,9	2,5	2,3	2,5	2,3	2,2	2	1,9	2,8	2,7	2,8		7,3	
20	3,2	5,6	6,2	7,2	7,1	6,7	6,7	6,5	6,7	7,8	7,1	8	6,5	6,6	8,4	7,9	7,9	7,4			
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		18,999
	3,2	3,04	0,8	1,6	0,55	0,4	0,9	0,55	0,4	0,65	0,24	0,12	0,45	0,3	0,049	1,3	1,2	0,55	2,7		
20	13	7	14	6	15	4	17	12	8	16	9	11	1	3	18	2	19	5	10		48,1
	8	0,85	0,95	1	1,4	1,6	2,7	1,7	1	1,7	2,3	0,5	3	5,9	3,9	3,2	3,9	3,2	1,3		

Fonte – Elaborada pelos Autores (2019)

Pela segunda entrada, também no trajeto via rotas foi obtido o valor mínimo de 26,999 Km, enquanto o de maior distância foi de 50,950 Km de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4 – Trajeto via Rotas, pela 2ª entrada**

Trajeto ( 2ª entrada)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		3,04	5,9	3,7	3,6	3,4	2,7	2,5	2,9	2,7	2,9	3,1	3,1	2,8	2,8	4,1	4,1	4	1,7	3,9	8,2
2	3,5		0,8	2	1,8	1,6	1,3	1,1	1,5	1,7	1,6	1,3	1,7	1,9	1,8	2,4	2,4	2,9	3,9	5,7	
3	5,5	0,95		1,6	1,7	1,7	2,2	1,8	2,4	2,6	2,4	2,1	2,6	2,7	2,7	2	3,9	3,9	4,6	5,2	
4	3,4	1,9	1,5		0,55	0,5	1	1,2	1,2	1,4	1,2	0,95	1,4	1,5	1,5	0,8	2,7	2,7	3,3	6,4	
5	3,3	1,8	1,4	0,5		0,4	0,9	1	1,1	1,3	1,1	0,85	1,3	1,4	1,4	0,95	2	2,4	3,2	6,6	
6	2,9	1,6	1,5	0,75	0,65		0,9	0,65	1,1	1,3	1,1	0,85	1,3	1,4	1,4	1,2	2	2,4	3,2	6,5	
7	2,8	1,3	1,9	1	0,9	0,65		0,55	0,6	0,8	0,65	0,35	0,8	0,95	0,9	1,4	1,5	1,9	2,7	7	
8	2,5	1,4	2,1	1,2	1,1	0,9	0,24		0,4	0,65	0,45	0,6	0,65	0,75	0,7	1,7	1,7	1,8	2,6	7,2	
9	2,5	1,5	2	1	0,65	0,45	0,55	0,75		0,65	0,5	0,6	0,65	0,75	0,7	1,7	1,7	1,8	2,6	7,2	
10	2,6	1,6	2,3	1,2	0,9	0,7	0,4	0,6	0,6		0,24	0,35	0,4	0,55	0,5	1,4	1,4	1,5	2,3	7,4	
11	3	1,5	2	1	0,65	0,45	0,55	0,75	0,75	0,6		0,12	0,55	0,7	0,65	1,2	1,3	1,7	2,7	7,3	
12	3,1	1,8	2,3	1,2	0,9	0,75	0,85	1	1	0,85	0,7		0,45	1	0,95	1	1,2	1,6	2,5	7	
13	3,1	1,8	2,3	1,2	0,9	0,75	0,85	1	1	0,85	0,7	0,4		0,3	0,35	1,1	1,4	1,5	2,3	7,4	
14	2,5	1,9	2,6	1,5	1,2	1	0,7	0,9	0,45	0,29	0,5	0,65	0,26		0,049	1,2	1,3	1,4	2,3	7,5	
15	2,5	1,9	2,6	1,6	1,2	1	0,75	0,95	0,45	0,35	0,55	0,7	0,3	0,049		1,3	1,4	1,5	2,4	7,5	
16	4,3	3,1	2,7	1,2	1,7	1,7	2,2	2,3	2,3	2,1	1,9	1,7	1,7	2,2	2,1		1,2	2,2	3,2	6,8	
17	3,8	2,8	3,2	2,2	1,8	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	1,4	1,7	1,2	1,7	1,6	1,5		0,55	2,6	15,3	
18	3,9	3,2	3,9	2,9	2,5	2,4	2,1	2,3	1,8	1,7	1,9	2	1,6	1,7	1,7	2,2	0,65		2,7	15,6	
19	1,7	4	4,6	3,5	3,2	3	2,7	2,9	2,5	2,3	2,5	2,3	2,2	2	1,9	2,8	2,7	2,8		16,1	
20	10,5	4,5	4,1	2,9	3	3,2	3,5	3,7	3,7	3,7	3,5	3,7	3,7	4	4,1	3,5	4,7	5,4	12,9		
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		26,299
	10,5	3,04	0,8	1,6	0,55	0,4	0,9	0,55	0,4	0,65	0,24	0,12	0,45	0,3	0,049	1,3	1,2	0,55	2,7		
20	19	2	13	9	16	7	15	8	5	11	1	3	18	4	17	12	14	6	10		50,95
	12,9	4	1,7	1	1,7	2,2	0,9	0,95	1,1	1,1	3	5,9	3,9	2,9	2,7	1,7	1	1	1,3		

Fonte – Elaborada pelos Autores (2019)

Como observado, cada rota demandou seu percurso de acordo com o caminho mais curto e caminho mais longo.

Em decorrência do que foi apresentado, vê-se que a diferença entre o trajeto mais longo e o trajeto mais curto é muito grande. De acordo com a Tabela 5 tem-se que tanto para Drone quanto para Rota, a entrada 1 gera melhores resultados, com uma economia por volta de 62,32%

para o Drone e de 60,5% para a rota, com esse conjunto de dados a entrada 1 é a melhor opção para ambos os casos.

**Tabela 5 – Consolidação dos dados das Tabelas 1, 2, 3 e 4.**

Tipo	Percurso mais longo	Percurso mais curto	Diferença	Porcentagem (%)	Economia (%)
Drone entrada 1	35,235	13,275	21,960	37,68	62,32
Drone entrada 2	33,989	16,175	17,814	47,59	52,41
Rota entrada 1	48,1	18,999	29,101	39,50	60,50
Rota entrada 2	50,95	26,999	23,951	52,99	47,01

**Fonte** – Elaborada pelos Autores (2019)

De acordo com a Geometria, a menor distância entre 2 pontos é uma reta, como pode-se observar a relação entre o Drone, e a Rota é de 30% neste caso de 18,999 km para 13,275 Km, sendo o Drone a melhor opção, levando em conta só o deslocamento, desprezando que toda vez ele deverá subir e descer em cada ponto. Como o Drone depende de muitas variáveis para se tornar economicamente viável além da regulamentação, a opção a ser seguida utilizando a ferramenta Solver e o método Evolutionary foi a da 1,<sup>a</sup> entrada via Rota, onde foi possível economizar até 29,101 Km nesta rota, com 60,6% de economia em relação à distância. Tendo em vista tempo, combustível e salário de terceiros, a empresa economizaria ao ano um valor alto para seu caixa final.

Em geral, estes resultados indicam que a simulação foi importante para observar e sugerir novas rotas, sendo essencial a ferramenta para melhoria dos serviços prestados e principalmente na otimização dos custos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a realização do transporte de entrega entre os dezenove estabelecimentos, duas entradas, ou seja, pontos de partidas na cidade de Jaboticabal, foi observado que as distribuições seriam feitas de uma forma não ordenada, gerando custos altos, sem a utilização de uma ferramenta eficiente e eficaz para a operação.

Como solução, foi sugerido uma nova maneira de calcular suas rotas e trajetos para a melhoria na qualidade de entrega, foi feita uma comparação entre 2 opções com roteirização para cada uma das duas entradas utilizando a ferramenta Solver da planilha Excel, utilizando Drone, que tem toda uma regulamentação que deve ser aprovado pelos órgãos competentes e ao tipo de material a ser transportado, onde ele faz um deslocamento em linha reta, mas tem que subir e descer toda vez e também a quantidade de material a ser transportado, que não pode

ser muita; e a outra opção via veículos. Na utilização da ferramenta para ambos os casos ocorreu uma melhoria no trajeto por volta de cinquenta por cento para a entrada 2 e sessenta por cento para a entrada 1, tanto para o Drone quanto para Veículos.

Portanto utilizando-se de ferramentas ao qual nos permite calcular e estudar o menor caminho para as entregas a serem feitas, estas geram no final um valor muito alto de economia tanto de combustível quanto de tempo de utilização dos seus veículos para as empresas, melhorando assim a qualidade do serviço prestado aos seus clientes.

Conclui-se, então, que para encontrar a melhor solução, ou seja, a melhor rota é essencial que se tenha o auxílio de ferramentas computacionais como o Solver da planilha Excel.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre/SC: Bookman, 2006.

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2015.

CLRB – CONSELHO DE LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL. **Logística Reversa**. Disponível em: < <http://www.clrb.com.br/site/clrb.asp>>. Acesso em: 18 set. 2018.

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2017.

DAGANZO, C.F. **Logistics Systems Analysis** 2ª Edição, Editora Springer, 1996.

DETONI, M.M.M.L. **A Evolução da Indústria de Prestação de Serviços Logísticos no Brasil: Uma Análise de Mercado, 2003,191f**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

HILLIER, F. S; HILLIER, M. S. **Introdução a Ciência da Gestão. Modelagem e estudos de Casos com planilhas eletrônicas**. 4ª Edição. São Paulo: AtlasMac Graw Hill, Bookman 2014.

ILOS. INSTITUTO DE LOGISTICA E SUPPLY CHAIN. Disponível em <<http://www.ilos.com.br/web/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/custos-logisticos-no-brasil/>>. Acesso, em 15 abril de 2019.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 4ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMA, M.P. **Custos logísticos na economia brasileira**. Revista Tecnológica, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 64-69, janeiro/2006.

LIMA, M. P. **Custos Logísticos na Economia Brasileira**. Disponível em: <<http://files.puralogistica.webnode.com/200000007-b2c22b3bc3/custos-logisticos-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 2ª Edição. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 3. ed. rev. atual. e ampl. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier, 2007. 400p.

ROSA, A. **Gestão do Transporte na Logística de Distribuição Física: uma análise da minimização do custo operacional**. 2007. 90f. Dissertação (Mestrado em Gestão em Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007.