

Otimização de rota na distribuição de produtos: Uma aplicação do modelo de Clarke e Wright em uma empresa do setor alimentício

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo propor um método com base no modelo de Clarke e Wright para otimização de rotas de entrega de produtos acabados para uma empresa de pequeno porte. A otimização do processo de distribuição pode contribuir para reduzir custos de transporte ao mesmo tempo em que permite uma melhoria do nível de serviço oferecido aos clientes. Vários fatores contribuem para que as empresas sejam mais competitivas. Um desses fatores é o transporte para distribuição do produto acabado, uma atividade com participação importante nos custos da empresa. O estudo de caso foi realizado em julho de 2018 numa micro empresa do setor de alimentos localizada em um município do centro do Estado do Rio Grande do Sul cujas atividades consistem em receber, fracionar, embalar e comercializar temperos e condimentos. A aplicação do método proposto gerou uma redução de 22,6 % na distância percorrida para distribuição dos produtos da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização. Processo de distribuição. Método Clarke e Wright.

Ana Cristina Ruoso

anacristinaruoso@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Juliane Cioccarri Machado Townsend

jucioccarri@yahoo.com.br

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Leandro Cantorski da Rosa

leski78@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

INTRODUÇÃO

Existem algumas estratégias empresariais para aumentar a competitividade e manter a permanência no mercado, sendo uma dessas estratégias é a diminuição dos custos. Um dos esforços para a permanência no mercado é a busca de meios de transporte que possam ser utilizados e, em segundo lugar, a gestão do transporte. Ambas as decisões são estruturais e estratégicas porque sua variação determina outras resoluções tomadas em uma empresa, tais como decisões em gestão de estoque, recursos humanos, investimentos, planejamento de necessidades gerenciais, dentre outras (GUTIERREZ et al., 2018; Soleimani; Chaharlang; Ghaderi, 2018).

Segundo o *Council of Logistics Management* (2012), a logística é a parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o efetivo fluxo e estocagem de bens, serviços e informações correlatas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com objetivo de atender as necessidades dos clientes. Além disso, a otimização da distribuição logística pode trazer vantagem competitiva para a empresa através da redução de custos (liderança de custos) e efetividade (serviço ao cliente) (AHMADIZAR; ZEYNIVAND; ARKAT, 2015, MENTZER; MINT; BOBBITT, 2004).

O transporte é uma das atividades que apresenta a maior porcentagem dos custos logísticos de uma empresa, e portanto, constitui uma grande oportunidade de redução desses (BALLOU, 2006). Um dos pontos a ser explorado é a parte de expedição para reduzir os custos de transporte, melhorar os serviços ao cliente e descobrir os melhores roteiros para os veículos, visando minimizar os tempos e as distâncias (ALVAREZ; MUNARI, 2017; GILS et al. 2018). A gestão de frotas representa a atividade de reger, administrar ou gerenciar um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma empresa. Essa tarefa tem uma abrangência bastante ampla e envolve diferentes serviços, como dimensionamento, especificação de equipamentos, roteirização, custos, manutenção e renovação de veículos, entre outros. O roteamento eficiente dos veículos é de suma importância para a diminuição dos custos e para atender e satisfazer o cliente (SEYYEDHASANI; DVORAK, 2017). A má gestão de frotas, que ocorrem em muitas empresas de carga própria podem resultar em elevados custos de transporte, além de poder comprometer a relação comercial com parte dos seus clientes, gerando consequências maiores como perda de vendas e credibilidade (VALENTE; PASSAGLIA; NOVAES, 2016).

O trabalho descreve a realidade de uma empresa do setor alimentício, do ramo de temperos, de bens não duráveis e de atividade secundária da economia, que sente os impactos da crise atual do país em suas vendas. Nesse ramo as empresas são comumente de pequeno e médio porte, e já possuem seu processo produtivo consolidado, seus fornecedores e são receosos à inovações, tanto na área tecnológica para o processo produtivo quanto gerencial de compras e expedição dos pedidos.

Um dos métodos de roteamento de veículos mais populares é o Clarke e Wright. Ele resulta numa rota ótima, que minimiza a distância percorrida e, por conseguinte o tempo total mínimo de viagem (CLARKE; WRIGHT, 1964; LI et al., 2017; SEYYEDHASANI; DVORAK, 2018). Além disso, esse método possui grande flexibilidade, gera soluções de pequenos problemas próximos do resultado

ótimo, sendo um dos métodos mais precisos e, também, faz parte de muitos softwares de roteirização (NOVAES, 2015).

Outros estudos basearam-se nesse método. Benjamin (1989) focou no problema de distribuição de vários fornecedores a vários clientes. Webb e Larson (1995) desenvolveram um estudo visando minimizar o número de veículos para a entrega de mercadorias aos clientes a partir de um único depósito em problemas de estoque e roteirização. No trabalho de Pinheiro, Sousa e Moraes (2016) este método apresentou o segundo melhor resultado, quando comparado à utilização de softwares. Enquanto, Junior et al. (2014), observaram que o método Clarke & Wright é mais eficiente do que o de varredura, pois reduziu não somente a quantidade de veículos utilizados, mas também a distância percorrida e o custo médio por cliente.

O presente trabalho tem por objetivo propor um método com base no modelo de Clarke e Wright para otimização de rotas de entrega de produtos acabados, buscando otimizar o roteiro a ser feito durante as entregas, através da minimização da distância total percorrida e atendendo as restrições adotadas para a resolução do problema, reduzindo por conseguinte os custos operacionais para uma empresa de pequeno porte.

METODOLOGIA

O estudo proposto tem como base de análise uma empresa de pequeno porte situada na cidade de Santa Maria, município da região central do Rio Grande do Sul. A empresa atua no setor alimentício, fracionando, envasando e comercializando uma grande linha de temperos na cidade e região.

A pesquisa foi de natureza aplicada numa situação específica, classificada como exploratória quanto aos seus objetivos, uma vez que baseada nas perspectivas e interpretações das pessoas buscou compreender o ambiente a fim de validar o estudo e definir seu problema. No estudo foi adotada uma abordagem predominantemente quantitativa, tendo em vista que se procurou otimizar o balanceamento das viagens, através do caminho mínimo entre os locais de distribuição, a fim de reduzir os custos com expedição (RICHARDSON, 1999). Além disso, também foi utilizada uma abordagem de caráter qualitativo, através da caracterização e descrição dos processos da empresa. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, o trabalho pode ser considerado um estudo de caso, pois se mostrou mais adequado aos objetivos da pesquisa (GIL, 2017; LLEWELLYN; NORTHCOTT, 2007; MATIAS-PEREIRA, 2012; PATTON, 2002).

O levantamento de dados ocorreu através de visitas à empresa, onde foram realizadas reuniões com o diretor executivo, que forneceu subsídios importantes e deu acesso aos pesquisadores às instalações da empresa, permitindo o acompanhamento da rotina diária, melhorando a coleta dos dados necessários e o entendimento do funcionamento do processo de expedição dos temperos. Após uma visita inicial, foram realizadas reuniões com o grupo de pesquisa a fim de analisar os dados obtidos e coletar outras informações necessárias para melhor embasamento do trabalho.

Foi também analisado a distribuição dos produtos acabados (temperos) para as zonas que se reportam a alguns bairros do município, o principal mercado dos

produtos da empresa. Para o estudo de zoneamento, os princípios observados foram: a) A procura do menor custo operacional, através da diminuição do comprimento total das rotas; b) A procura do menor tempo de operação (VALENTE; PASSAGLIA; NOVAES, 2016).

A roteirização é um processo que tenta proporcionar um serviço aos clientes, tentando fazer um paralelo entre qualidade e custos, proporcionando melhor qualidade com o menor custo possível. A roteirização representa uma parte importante do valor final do produto (DAI et al., 2019). A literatura apresenta alguns problemas que também foram observados na empresa em estudo. Esses problemas foram delimitados como: a) roteirização de veículos: não existem restrições relacionadas ao tempo, nem a precedência, considerando apenas os aspectos espaciais, sendo necessário o estabelecimento de um conjunto de rotas que possam ser seguidas e que tenham um custo baixo; b) programação de veículos: devido aos horários que estão estabelecidos, devendo haver uma preparação das rotas onde os aspectos espaciais estejam de comum acordo com os aspectos relacionados ao tempo; c) combinação de roteirização e programação de veículos: devido a necessidade de enfrentar as restrições de precedência e, ou, janela de tempo (NOVAES, 2015; ÖZENER; EKICI, 2018). Na empresa em questão, essas janelas foram relacionadas ao intervalo de tempo determinado para que uma atividade seja executada, sendo problemas comumente encontrados no dia-a-dia.

O método de Clarke e Wright foi adotado no trabalho. Trata-se de um método de roteirização com restrições que apresenta vantagens em relação a outros métodos, pois permite a obtenção de soluções de maneira rápida e eficaz para roteiros que apresentam um número considerável de paradas (BALLOU, 2006). À medida que o método vai construindo os roteiros de forma inteligente, buscando reduzir ao máximo a distância percorrida, o número de veículos utilizados para realizar o serviço tende a diminuir, o que acaba por reduzir os investimentos e o custo de operação (CARDOSO; NETO, 2017; NOVAES, 2015). A partir desse método foi criada uma função objetivo e, também, restrições que foram atendidas.

Para a resolução do problema da empresa de temperos foram realizados a sequência de passos a seguir (LI et al., 2016):

Passo 1: Delimitar o número estabelecimentos que deverão ser atendidos e coletar os endereços.

Informações referentes aos clientes, tais como, a quantidade de clientes que deverá ser atendida e suas localizações (endereços) foram obtidas diretamente com a empresa. As informações coletadas foram então computadas em uma planilha do programa Microsoft Excel®.

Passo 2: Estabelecer as restrições que devem ser observadas.

Passo 3: Identificar as distâncias entre a empresa e cada um dos pontos a serem atendidos e as distâncias entre os clientes.

As distâncias entre os estabelecimentos (pontos) foram encontradas a partir da ferramenta *Google Maps*, que determina a distância entre os pontos por imagens via satélite. As distâncias entre os pontos foram tabuladas na forma de matriz no programa Microsoft Excel®, como mostra a Figura 1, sendo que H representa a empresa e as variáveis I e J os clientes.

Figura 1 – Matriz das distâncias entre os pontos.

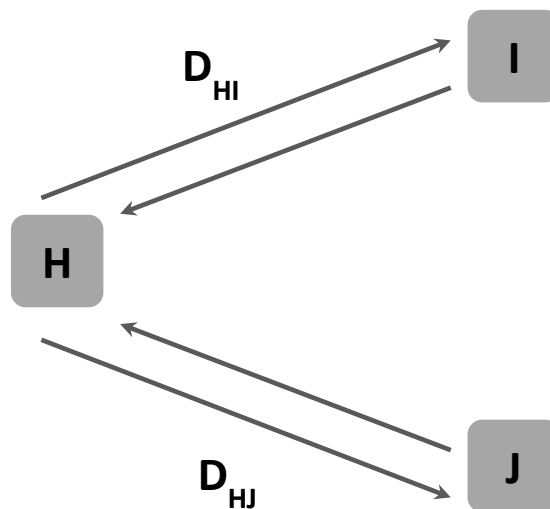
DISTÂNCIA (Km)		PARA			
		H	I	J	...
DE	H	0,0	D_{hi}	D_{hj}	...
	I	D_{hi}	0,0	D_{ij}	...
	J	D_{hj}	D_{ji}	0,0	...
	0,0

Fonte: Autores (2018)

Passo 4: Calcular as economias geradas (ganhos)

Uma rota pode ser percorrida por um mesmo veículo de diferentes maneiras. O veículo pode se deslocar da empresa (H) para o cliente (I) e retornar à empresa e posteriormente ir até o cliente (J) e retornar a H, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Rotas e distância percorrida entre a empresa e os clientes.



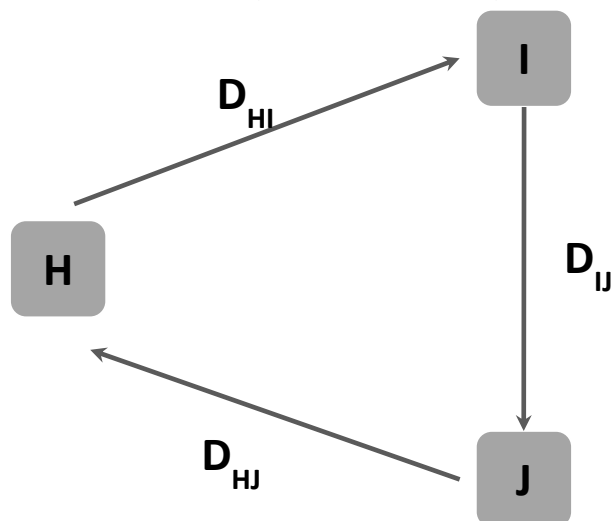
Fonte: Adaptado Ballou (2006)

Neste caso, a distância total percorrida pelo veículo para atender os dois clientes corresponde à soma das duas distâncias de ida de H para I e J, mais a soma das duas distâncias de retorno de I e J para H, conforme apresentado na Equação 1.

$$D_{Total} = 2 \times D_{HI} + 2 \times D_{HJ} \quad (1)$$

No entanto, existe outra possibilidade a ser considerada, na qual o veículo retornará a empresa somente após passar pelos pontos I e J, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Rotas e distância percorrida entre a empresa e os clientes.



Fonte: Adaptado Ballou (2006)

Ao realizar a rota com esta configuração a empresa tem um ganho, já que deixará de realizar um trecho de retorno entre o cliente e a empresa. O ganho para a empresa com a nova rota pode ser expresso em termos de economia da distância percorrida para atender os clientes I e J. A economia (S) pode ser expressa segundo a Equação 2.

$$S_{IJ} = D_{HI} + D_{HJ} + D_{IJ} \quad (2)$$

Utilizando como base a matriz das distâncias entre os pontos (Figura 1), é construída a matriz das economias (Figura 4), que permite identificar os clientes que possibilitam uma maior economia de distância quando agrupados em uma mesma rota.

Figura 4 – Matriz das economias entre os pontos

ECONOMIA (Km)		PARA		
		I	J	...
DE	I	0,0	S_{IJ}	...
	J	S_{IJ}	0,0	...
	.	.	.	0,0

Fonte: Autores (2018)

As economias de distância devem ser ordenadas em ordem decrescente para facilitar a identificação dos pares clientes que apresentam maiores ganhos para a empresa.

Passo 5: Elaborar rotas possíveis

A partir do topo da lista de economias estabelecer possíveis rotas, respeitando as restrições impostas para a resolução do problema. As rotas são realizadas através da união dos pontos ótimos (mais próximos do topo) da lista de economias.

Passo 6: Calcular o tempo de ciclo para cada uma das rotas identificadas no Passo 5.

O tempo de ciclo de viagem foi calculado de acordo com a Equação 3,

$$T_C = \frac{D_{HI} + D_{IJ} + D_{JH}}{V_m} + \frac{t_m}{60} \times q \quad (3)$$

Onde,

D_{HI} = distância entre a empresa e o primeiro cliente da rota (km);

D_{IJ} = distância entre os clientes ao longo da rota (km);

D_{JH} = distância entre o último cliente da rota e a empresa (km);

V_m = velocidade média entre os pontos (km/h);

T_m = tempo médio de parada em cada ponto visitado (minutos);

q = número de pontos visitados na rota.

Passo 7: Identificar a rota que atende à restrição de tempo imposta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

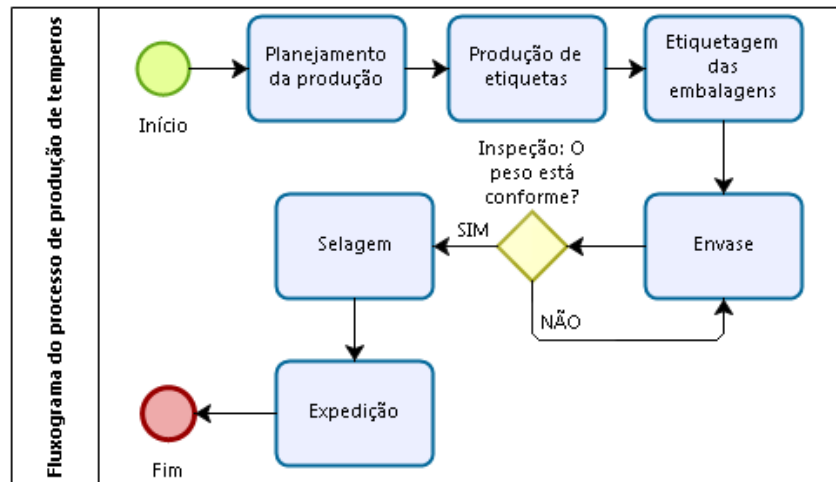
A empresa objeto do estudo situa-se em um município da região central do Estado do Rio Grande do Sul. A empresa é caracterizada como sendo de micro porte e atua no setor de alimentos.

A empresa conta com cinco funcionários, sendo um diretor administrativo, um diretor de planejamento de produção, dois funcionários diretamente ligados a linha de produção, e um entregador. Além destes, a empresa possui um vendedor externo que ganha referente ao percentual de vendas que fez no mês. A empresa funciona de segunda à sexta feira, das 8 horas às 12 horas e das 14 horas às 18 horas, e nos sábados das 8 horas às 12 horas. A produção da empresa é realizada conforme a demanda dos pedidos realizados pelos clientes. Para evitar longos intervalos de tempo entre o pedido e a entrega do produto, a empresa conta com um estoque mínimo necessário que assegura as variações da demanda.

O processo produtivo da empresa contempla as atividades de recebimento de matéria prima (temperos secos) e fracionamento em embalagens menores (produto acabado). A empresa conta com um *mix* de produtos de cinquenta e um tipos, os quais têm como característica alto volume e baixa densidade, por se tratarem de temperos em folhas, pó, confeitos e chás. A produção da empresa é dividida em cinco etapas: planejamento da produção e produção das etiquetas, etiquetagem das embalagens, envase do produto, selagem das embalagens e a expedição. O fluxograma do processo é demonstrado na Figura 5.

Durante as visitas ao empreendimento foi possível observar que durante a produção sempre existe estoque em processo, porque o operador que inicia é o mesmo que termina a etapa, e o mesmo segue para a próxima operação. A Figura 5 refere-se ao trabalho manual e equivale a todos os produtos da empresa, sendo assim todos passam por inspeção de peso.

Figura 5 - Processo de produção / envase de temperos.



Fonte: Autores (2018)

De acordo com a caracterização da empresa e o processo ilustrado na Figura 5, foi possível observar que se trata de um processo de fabricação por lote ou batelada. Nesse tipo de processo é produzido mais de um tipo de produto por vez e apesar da variedade de produtos, os produtos seguem rota similares com atividades padrão (SLACK et al., 2013).

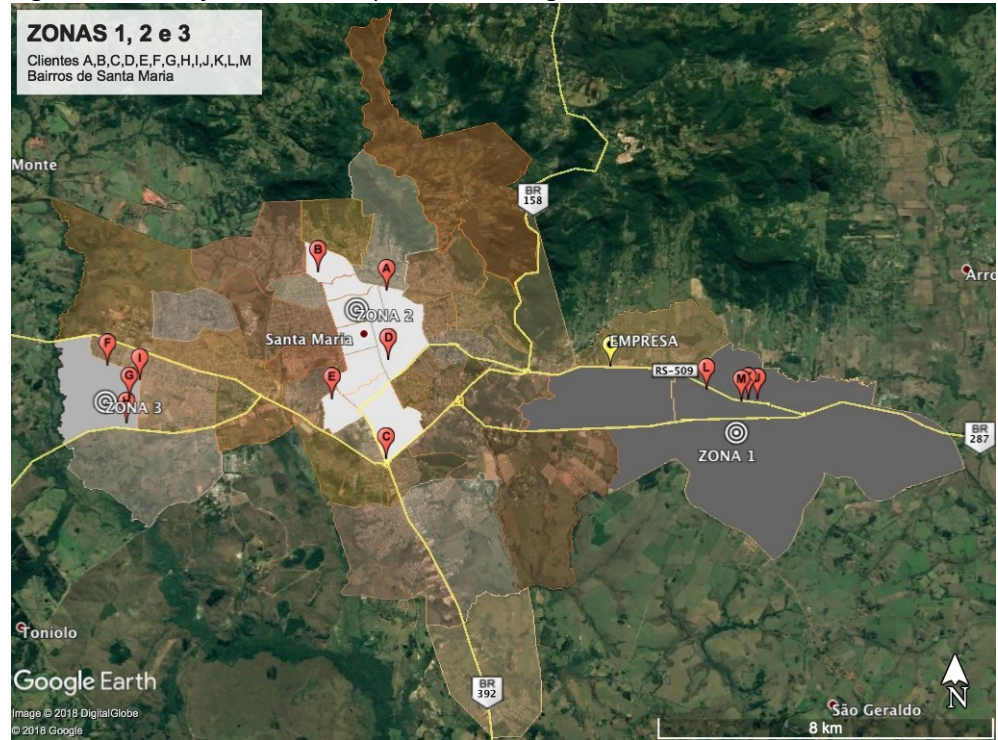
Com relação ao arranjo físico da operação, o processo produtivo apresenta o *layout* funcional. Neste tipo de arranjo, as atividades com necessidades similares ficam próximas umas das outras, pois pode ser conveniente agrupá-las, ou a sua sequência pode ser melhorada. Dessa maneira, os materiais e informações fluem pela operação, seguindo uma rota de atividade para atividade de acordo com a necessidade da operação (SLACK et al., 2013). Neste tipo de configuração, é o material que se movimenta através das áreas ou departamentos.

PROCESSO DE EXPEDIÇÃO DA EMPRESA

O processo de expedição conta com as seguintes etapas: separação dos produtos para a expedição, carregamento do veículo e, por fim, a distribuição para os clientes. A entrega dos produtos em seus destinos finais é feita por um funcionário que utiliza o veículo próprio da empresa. Para os clientes periódicos que se localizam na mesma cidade da empresa, a entrega dos produtos acabados é feita duas vezes ao mês. Contudo, como a produção é de característica puxada, ou seja, trabalha-se apenas sob encomenda, existe a necessidade de se fazer distribuições com frequência aleatória. As informações coletadas com os empresários sobre a distribuição dos estabelecimentos a serem atendidos foram inseridas no programa *GoogleEarth*[®], para melhorar a visualização da distribuição

considerando os diversos pontos na região atendida pela empresa. Através da união do mapa de divisão dos bairros do município de Santa Maria e da localização dos clientes, foi possível delimitar as regiões de atendimento da empresa em três zonas: Zona 1, Zona 2 e Zona 3, representadas na Figura 6. A empresa está localizada na Zona 1.

Figura 6- Localização das zonas e pontos de entrega.



Fonte: Adaptado IPLAN (2018)

No Quadro 1 foram representados os dados referentes às zonas, número de pontos e os clientes localizados em cada uma das zonas atendidas.

Quadro 1- Denominação dos mercados em suas respectivas zonas.

Zona	Nº de pontos	Cliente
1	4	J
		K
		L
		M
2	5	A
		B
		C
		D
		E
3	4	F
		G
		H
		I

Fonte: Autores (2018).

O roteiro de entrega atual feito pela empresa com as respectivas distâncias entre os mercados (pontos) é apresentado no Quadro 2. As distâncias foram encontradas a partir da ferramenta *Google Maps*.

Quadro 2 - Roteiro atual executado pela empresa.

De	Para	Distância (km)
Empresa	H	13,7
H	G	0,7
G	F	1,3
F	I	1,0
I	E	5,3
E	Empresa	9,0
Empresa	M	3,3
M	K	0,2
K	L	1,6
L	J	3,0
J	D	5,0
D	B	2,6
B	A	2,0
A	C	5,1
C	Empresa	6,4
Distância total		60,2

Fonte: Autores (2018).

CONSTRUÇÃO DA NOVA ROTA

Para a construção de uma nova opção de rota foram consideradas as seguintes restrições:

- a) atender todos os clientes em um único dia de trabalho;
- b) não exceder a jornada de trabalho do motorista (8 horas).

Para a obtenção da distância percorrida e do tempo de ciclo, foi feita a análise do roteiro de visitas através dos dados fornecidos pelo diretor executivo. Valente, Passaglia e Novaes (2016) afirmam que o roteiro é composto pelos seguintes componentes: a) Um percurso desde o depósito até a zona de entrega. b) Percurso diversos entre os pontos de paradas de cada zona. c) Paradas nos endereços dos clientes para coleta ou entrega dos produtos. d) Percurso de retorno desde zona de entrega até o depósito.

Através da ferramenta Google Maps foi identificada a localização exata de cada um dos 13 clientes que devem ser atendidos e então determinada a distância entre a empresa e seus respectivos clientes, conforme apresentado na Figura 7.

Figura7-Matriz da distância entre todos os pontos.

DISTÂNCIA (Km)		PARA													
		Zona 2					Zona 3				Zona 1				
		TEMPEROS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
DE	TEMPEROS	0,0	7,2	7,5	6,4	6,2	8,6	15,2	14,2	13,7	13,3	1,2	3,5	2,5	3,3
	A	7,2	0,0	2,0	5,1	1,9	4,0	6,5	9,9	9,4	7,8	6,8	10,7	9,6	10,5
	B	7,5	2,0	0,0	3,8	2,6	2,1	8,3	7,8	7,3	5,9	7,4	11,3	10,2	11,1
	C	6,4	5,1	3,8	0,0	3,1	2,2	9,4	8,4	7,8	7,4	6,0	9,8	8,7	9,6
	D	6,2	1,9	2,6	3,1	0,0	1,7	8,7	7,7	7,2	6,7	4,7	11,7	9,6	11,5
	E	9,0	4,0	2,0	2,0	2,0	0,0	7,2	6,2	5,7	5,0	8,3	12,0	11,1	12,0
	F	15,0	7,0	8,0	9,0	9,0	7,1	0,0	1,2	1,6	1,0	14,7	19,0	17,4	18,4
	G	14,0	10,0	8,0	8,0	8,0	6,2	1,3	0,0	0,7	1,0	13,8	18,0	16,5	18,0
	H	14,0	9,0	7,0	8,0	7,0	5,5	1,8	0,7	0,0	1,5	13,1	17,0	15,8	17,0
	I	13,3	7,8	5,9	7,4	6,7	5,3	0,9	0,7	1,5	0,0	12,9	16,8	15,6	16,6
	J	1,0	7,0	7,0	6,0	5,0	8,2	14,9	13,8	13,3	13,0	0,0	5,0	3,4	4,0
	K	3,5	10,7	11,3	9,8	11,7	12,2	18,6	17,7	16,9	16,8	4,6	0,0	1,6	0,2
	L	3,0	10,0	10,0	9,0	10,0	11,0	17,0	17,0	16,0	16,0	3,0	2,0	0,0	1,0
M	3,3	10,5	11,1	9,6	11,5	12,4	18,4	17,5	16,7	16,6	4,4	0,2	1,2	0,0	

Fonte: Autores (2018)

Os valores encontrados para a economia da distância entre os clientes é apresentada na Figura 8.

Figura 8 - Matriz das economias entre os pontos

ECONOMIA (Km)		PARA												
		Zona 2					Zona 3				Zona 1			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
DE	A	0,0	12,7	8,5	11,5	11,8	15,9	11,5	11,5	12,7	1,6	0,00	0,1	0,00
	B	12,7	0,0	10,1	11,1	14	14,4	13,9	13,9	14,9	1,3	-0,3	-0,2	-0,3
	C	8,5	10,1	0,0	9,5	12,8	12,2	12,2	12,3	12,3	1,6	0,1	0,2	0,1
	D	11,5	11,1	9,5	0,0	13,1	12,7	12,7	12,7	12,8	2,7	-2	-0,9	-2
	E	11,8	14,1	13	12,8	0,0	16,6	16,6	16,6	16,9	1,5	0,1	0	-0,1
	F	15,4	14,7	12,6	12,4	16,7	0,0	28,2	27,3	27,5	1,7	-0,3	0,3	0,1
	G	11,4	13,7	12,6	12,4	16,6	28,1	0,0	27,25	26,5	1,6	-0,3	0,2	-0,5
	H	11,9	14,2	12,1	12,9	16,8	27,1	27,25	0,0	25,5	1,8	0,2	0,4	0
	I	12,7	14,9	12,3	12,8	16,6	27,6	26,85	25,5	0,0	1,6	0	0,2	0
	J	1,4	1,7	1,6	2,4	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	0,0	-0,3	0,3	0,5
	K	0	-0,3	0,1	-2	-0,1	0,1	0	0,3	0	0,1	0,0	4,4	6,56
	L	-0,3	0	-0,1	-1,3	0,1	0,7	-0,3	0,2	-0,2	0,7	4	0,0	4,8
	M	0	-0,3	0,1	-2	-0,5	0,1	0	0,3	0	0,1	6,56	4,6	0,0

Fonte: Autores (2018)

Para auxiliar na identificação dos pontos com maior economia, os resultados foram organizados em ordem decrescente conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Economias entre os pontos em ordem decrescente.

DE	PARA	Sij
F	G	28,2
F	I	27,6
F	H	27,3
G	H	27,25
G	I	26,85
I	H	25,8
H	E	16,8
F	E	16,7
E	G	16,6
E	I	16,6
F	B	16,1
A	F	15,9
I	B	15
H	B	14,2
B	E	14
G	B	14
G	A	13,2
D	E	13,1
I	A	12,9
C	E	12,8
D	I	12,8
E	C	12,8
A	B	12,7
D	F	12,7
D	G	12,7
D	H	12,7
H	C	12,5
F	C	12,4
C	I	12,3
E	D	12,3
G	C	12,3
H	A	11,9
A	E	11,8
H	D	11,6
A	D	11,5
A	G	11,5
D	B	11,4
F	D	11,4
I	D	11,3
G	D	11,3
B	C	10,1
C	D	9,5
A	C	8,5
K	M	6,56
L	K	5
L	M	4,6
M	J	3,4
D	J	2,7
H	J	1,8
F	J	1,7
A	J	1,6
C	J	1,6
I	J	1,6
J	B	1,6
J	E	1,6
G	J	1,6
H	L	0,4

DE	PARA	Sij
F	L	0,3
H	K	0,3
H	M	0,3
J	L	0,3
C	L	0,2
I	L	0,2
G	L	0,2
F	M	0,1
J	K	0,1
K	J	0,1
A	L	0,1
C	K	0,1
C	M	0,1
J	M	0,1
K	D	0,1
M	A	0,1
F	K	0,1
A	K	0
A	M	0
E	L	0
G	K	0
G	M	0
I	K	0
I	M	0
K	A	0
K	B	0
K	C	0
K	E	0
K	F	0
K	G	0
K	H	0
K	I	0
E	K	-0,1
E	M	-0,1
B	L	-0,2
B	M	-0,3
B	K	-0,3
M	B	-0,4
M	F	-0,4
M	H	-0,4
M	I	-0,4
M	C	-0,4
M	G	-0,5
M	E	-0,5
L	J	-0,6
L	B	-0,7
L	A	-0,7
L	E	-0,7
D	L	-0,9
M	D	-0,9
L	C	-1,5
L	G	-1,5
L	I	-1,5
L	D	-1,9
D	K	-2
D	M	-2

A partir da Figura 9 foram construídas algumas rotas. Todavia, muitas das rotas não respeitavam a jornada de 8h de trabalho, além de não atender todos os clientes. Dessa maneira, as rotas que respeitaram as restrições, possuindo os pontos com maiores ganhos e apresentaram maior economia em distância, tempo e, conseqüentemente custos, foram: Empresa → C → D → A → B → E → I → F → G → H → Empresa e Empresa → J → L → M → K → Empresa.

Com isso, existem dois roteiros a serem feitos em um dia. O tempo consumido pelo funcionário para expedição dos produtos em cada ponto é em torno de 20 minutos. Este valor diz respeito ao tempo consumido pelo funcionário para descarregar os produtos em cada um dos estabelecimentos. O tempo de ciclo de viagem total resultou em aproximadamente 5,5 horas. O novo roteiro de entrega é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2- Rota otimizada.

De	Para	Distância (km)
Empresa	J	1,2
J	L	3,4
L	M	1,0
M	K	0,2
K	Empresa	3,5
Empresa	C	6,4
C	D	3,1
D	A	1,9
A	B	2,0
B	E	2,1
E	I	5,0
I	F	0,9
F	G	1,2
G	H	0,7
H	Empresa	14,0
Distância total		46,6

Fonte: Autores (2018)

A partir do novo roteiro, observa-se que a distância percorrida diminuiu 13,6 km passando dos atuais 60,2 km para 46,6 km. As duas rotas levam um pouco mais de um turno para serem feitas. A divisão de entregas é feita no período da manhã e da tarde. A zona 1, contemplada pelo percurso Empresa → J → L → M → K → Empresa, é realizada no período da manhã e as rotas restantes no período da tarde. Esta definição foi baseada no fato de que nas primeiras horas da manhã o funcionário gasta 75 minutos com o carregamento da carga no veículo, e essa rota tem um tempo de ciclo de aproximadamente 1,57 h, tendo que percorrer

aproximadamente 9,3 km. A partir disso, a primeira zona a ser atendida foi definida como a zona 1 por estar localizada mais próxima da empresa, logo, demanda menor tempo de entrega. Já a segunda rota será atendida no turno da tarde, já que essa possui um tempo de ciclo 3,93 h e um perímetro de 37,3 km.

CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa trabalho foi propor um método com base no modelo de Clarke e Wright para otimização de rotas de entrega de produtos acabados, com especial atenção ao seu processo de roteirização e programação de veículos, num estudo de caso em uma microempresa, localizada na região Central do Rio Grande do Sul.

Através do estudo realizado, notou-se a importância da aplicação do método Clarke e Wright em pequenas empresas que possuem setor de entrega próprio. A aplicação do método ofereceu uma solução que permite a empresa reduzir os custos com as operações de entrega em 23%, ao mesmo que se mostrou de grande praticidade devido a facilidade de aplicação.

As zonas atualmente atendidas pela empresa foram mantidas na aplicação do método, porém identificou-se a necessidade de reformulação da sequência de mercados visitados pelo transportador em cada zona, obtendo desta forma uma redução na quilometragem feita pelo veículo a partir da nova rota calculada pelo grupo.

Para a resolução dos cálculos fez-se uso da planilha Microsoft Excel, e os mesmos foram enviados à empresa junto com o banco de dados, permitindo que desta forma a mesma consiga aplicar o método e sanar possíveis dúvidas sobre o método e os resultados considerados pelo grupo.

Ressalta-se que o estudo abrangeu apenas os clientes de uma cidade, todavia a empresa atende outros municípios. Portanto, aconselha-se a realização de um estudo futuro nos demais locais atendidos pela empresa para que a otimização do roteiro de entregas efetuado por ela seja sanado por inteiro.

Route optimization in products distribution: an application of Clarke and Wright's model in a food company

ABSTRACT

The paper aims to propose a method based on Clarke & Wright's model for optimization of finished product delivery routes for a small company. The optimization of the distribution process can contribute to reduce transportation costs at the same time it allow improvements in the level of services offered to customers. Several factors contribute for companies to be more competitive. One of these factors is transport to distribution of finished products, an activity with a significant participation in the company costs. The case study was conducted in July 2018, in a small food company located at a municipality in the central part of the Rio Grande do Sul State, whose activities consist in receiving, fractioning, packaging and commercialize spices. The application of the proposed method generated a reduction of 22.6% in the distance traveled for distribution of the company's products.

KEYWORDS: Optimization. Distribution process. Clarke and Wright Method.

REFERÊNCIAS

- AHMADIZAR, F.; ZEYNIVAND, M.; ARKAT, J. Two-level vehicle routing with cross-docking in a three-echelon supply chain: A genetic algorithm approach. **Applied Mathematical Modelling**, v. 39, n. 22, p. 7065-7081, 2015. **crossref**
- ALVAREZ, A.; MUNARI, P. An exact hybrid method for the vehicle routing problem with time windows and multiple deliverymen. **Computers&OperationsResearch**, v. 83, p. 1-12, 2017. **crossref**
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CLARKE, G.; WRIGHT, J. W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations Research**, v. 12, n. 4, p. 568 – 581, 1964. **crossref**
- BENJAMIN, J. An Analysis of Inventory and Transportation Costs in a Constrained Network. **Transportation Science**, v. 23, n. 3, p. 177-183, 1989. **crossref**
- CARDOSO, P.A.; NETO, A.F.. Dynamic Vehicle Programming and Routing System Applied to Wheelchair Transportation. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 2, p. 317-323, 2017. **crossref**
- COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. **CSCMP Supply Chain Management Definitions**, 2012. Disponível em: <<http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions>>. Acessado em: 10 jun. 2018.
- DAI, Z. et al. A two-phase method for multi-echelon location-routing problems in supply chains. **Expert Systems with Applications**, v. 115, p. 618-634, 2019. **crossref**
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GILS, T.V. et al. Increasing order picking efficiency by integrating storage, batching, zone picking, and routing policy decisions. **International Journal of Production Economics**, v. 197, p. 243-261, 2018. **crossref**
- GUTIERREZ, A. et al. A hybrid metaheuristic algorithm for the vehicle routing problem with stochastic demands. **Computers & Operations Research**, v. 99, p. 135-147, 2018. **crossref**

IPLAN – Instituto de Planejamento de Santa Maria. **Limite Bairros**. Santa Maria: IPLAN 2018. Disponível em:
<<http://iplan.santamaria.rs.gov.br/site/home/pagina/id/140>>. Acesso em: 27 set. 2018.

JUNIOR, C.A.M. et al. A contribuição da roteirização na redução de custos logísticos e melhoria do nível de serviços em empresa do segmento alimentício no Ceará. **ABCustos**, v. 9, n. 3, p. 20-57, 2014.

LI, H.; LV, L.Z.T.; CHANG, X.. The two-echelon time-constrained vehicle routing problem in linehaul-delivery systems. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 94, p. 169-188, 2016. **crossref**

LI, H.. et al. The vehicle flow formulation and savings-based algorithm for the rollon-rolloff vehicle routing problem. **European Journal of Operational Research**, v. 257, n.3, p. 859-869, 2017. **crossref**

LLEWELLYN, S.; NORTHCOTT, D. The “singular view” in management case studies qualitative research in organizations and management. **Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 194-207, 2007. **crossref**

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 2012.

MENTZER, J. T.; MINT, S.; BOBBITT, L. M. Toward a unified theory of logistics. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 34, n. 8, p. 606-627, 2004. **crossref**

NOVAES, A. G. **Gerenciamento da cadeia de distribuição**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2015.

ÖZENER, O.O.; EKICI, A. Managing platelet supply through improved routing of blood collection vehicles. **Computers & Operations Research**, v. 98, p. 113-126, 2018. **crossref**

PATTON, M. G. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

PINHEIRO, R.R.; SOUSA, N.A. de.; MORAES, R.R. de. Distribuição de carga fracionada: comparativo entre o uso de modelos teóricos e de um software de roteirização. **South American Development Society Journal**, v. 2, n.5, p. 102-114, 2016.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social:métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 334 p.

SEYYEDHASANI, H.; DVORAK, J.S. Using the Vehicle Routing Problem to reduce field completion times with multiple machines. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 134, p. 142-150, 2017. **crossref**

SEYYEDHASANI, H.; DVORAK, J.S. Dynamic rerouting of a fleet of vehicles in agricultural operations through a Dynamic Multiple Depot Vehicle Routing Problem representation. **Biosystems Engineering**, v. 171, p. 63-77, 2018. **crossref**

SLACK, N., et al. Gerenciamento de operações e de processos: princípios e práticas de impacto estratégico. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SOLEIMANI, H.; CHAHARLANG, Y.; GHADE, H. Collection and distribution of returned-remanufactured products in a vehicle routing problem with pickup and delivery considering sustainable and green criteria. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 960-970, 2018. **crossref**

VALENTE, M. A; PASSAGLIA, E; NOVAES, G. A. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

WEBB, R.; LARSON, R. Period and Phase of Customer Replenishment: A New Approach to the Strategic Inventory/ Routing Problem. **European Journal of Operational Research**, v. 85, n. 1, p. 132- 148, 1995. **crossref**

Recebido: 25 Out. 2018

Aprovado: 28 Jan. 2020

DOI: 10.3895/gi.v15n4.8990

Como citar:

RUOSO, A.C. et al. Otimização de rota na distribuição de produtos: Uma aplicação do modelo de Clarke e Wright em uma empresa do setor alimentício . **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 15, n. 4, p. 182-199, Out./Dez. 2018. Disponível em: <http://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi>. Acesso em: 2019.

Correspondência:

Ana Cristina Ruoso

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

