

## 5. Apresentação e Análises dos Resultados

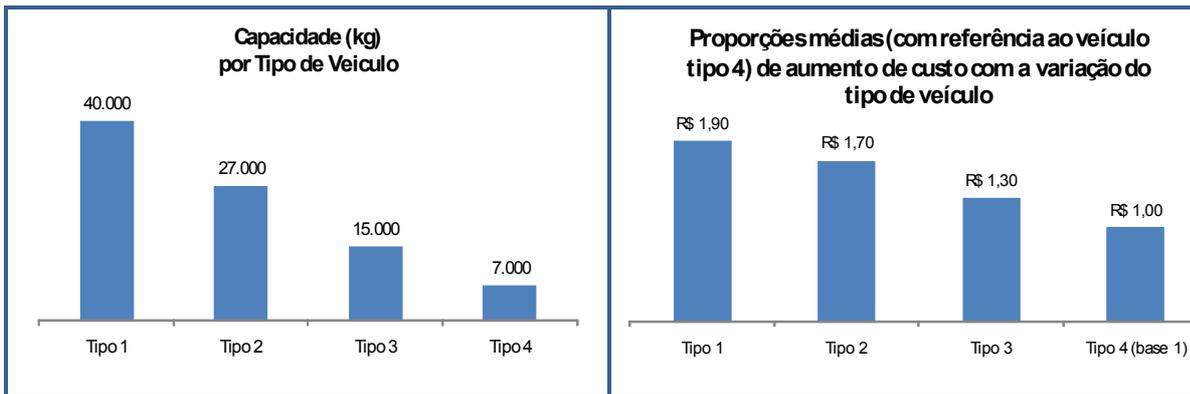
### 5.1 Apresentação dos Resultados

Os resultados da comparação entre os modelos evidenciam o que foi apresentado na descrição do caso: apesar da melhoria dos indicadores com relação ao passado, o modelo de rotas fixas não conseguiu se apropriar de todas as oportunidades existentes. Apesar desta constatação inicial, os resultados não são totalmente conclusivos, pois o *software Router* não considera algumas restrições que serão descritas a seguir.

Como descrito no capítulo 4, foram considerados no modelo a disponibilidade de 4 tipos de veículos de capacidade de 40, 27, 15 e 7 toneladas (vide Tabela 4). Para cada um destes tipos foram disponibilizados para o *software* 15 veículos de cada tipo, ou seja, para nenhum dos dias, faltariam veículos, mesmo que pela ausência de um tipo o *software* fosse obrigado a utilizar outro (o que é uma restrição real – ocorrem momentos em que deseja-se uma determinada quantidade de veículos e não se obtêm, sendo necessário utilizar um outro tipo).

Para determinar o rendimento de cada um dos modelos utilizou-se o mesmo período de análise do mesmo ano. Estes dados foram aplicados aos dois métodos a fim de verificar os níveis de consolidação e assim comparar os resultados dos dois métodos.

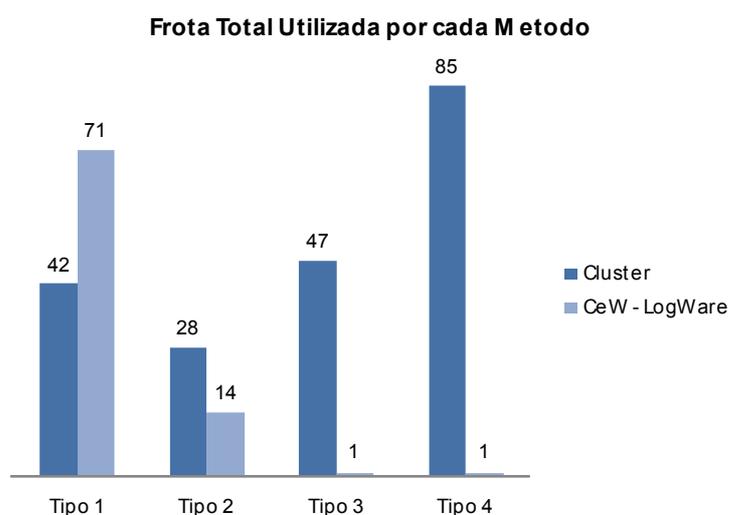
O custo da operação com cada um destes tipos de veículos é bastante distinto. O Gráfico 9 representa o custo relativo entre os diferentes tipos de veículos, tomando como base o custo do veículo de menor capacidade.



**Gráfico 9** – Capacidade por tipo de veículo e o custo referenciado em relação ao veículo “Tipo 4”

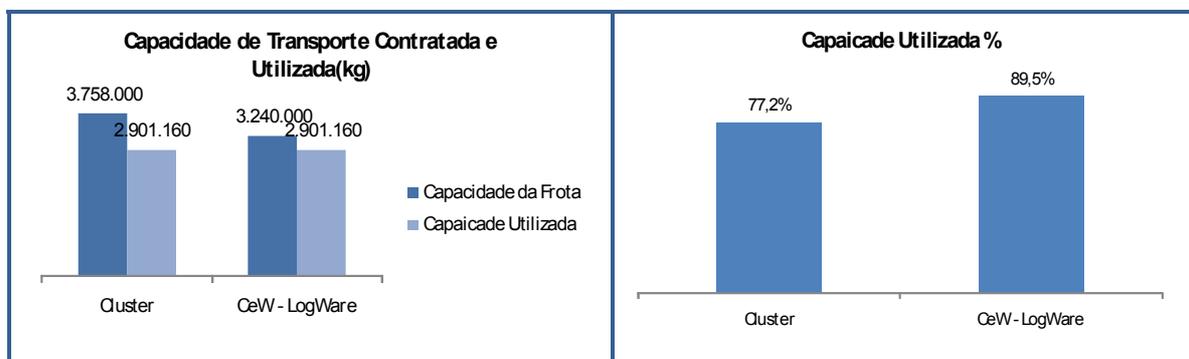
Nota-se pelo Gráfico 9 que utilizar o veículo “Tipo 1” é em média 1,9 vezes mais caro do que o veículo “Tipo 4”, Porém ele é capaz de transportar mais de 5 vezes a carga do veículo mais barato.

Comparando a resposta dos 10 dias de dados tratados, o modelo utilizado pelo *software Router* do pacote do *LogWare* utilizou muito mais veículos tipo 1. No total, consolidando as respostas dos 10 dias de análise, foram utilizados para o modelo de Rotas Fixas uma frota total de 202 veículos, enquanto o *Router* tratou o mesmo problema com 87 veículos. No Gráfico 10 demonstra-se a distribuição por tipo de veículo.



**Gráfico 10** – Total de veículos utilizados nos 10 dias analisados

Para atender a mesma demanda total, a comparação entre a capacidade de transporte de todos os veículos utilizados e a carga real transportada pode ser representada a partir do Gráfico 11:



**Gráfico 11** – Análise da capacidade de transporte utilizada em cada modelo – taxa de utilização da frota

Fica evidente que, além de utilizar muito menos veículos, a taxa de ocupação da frota com o modelo de Clarke e Wright é 16% maior.

Apesar da melhoria significativa dos indicadores, o custo total da operação não caiu nas mesmas proporções. A redução ficou em torno de apenas 4,58%.

Na Tabela 8 apresentam-se os números agregados das duas soluções comparadas. É interessante notar que, apesar do número de veículos no modelo de Rotas Fixas ser 2,3 vezes menor, a resposta do algoritmo de Clarke e Wright revelou-se bastante eficiente na busca por rotas que minimizassem o total de quilômetros rodados. Outra constatação interessante é que, apesar do total de quilômetros rodados pelo método de Clarke e Wright ser 12,5% menor, o tempo total das rotas foi 1% maior. Este é o efeito prático de um modelo que opera focado em racionalizar um determinado parâmetro, dado que o outro, como restrição, tenha sido respeitado.

|                | Cluster            | CeW - LogWare      |
|----------------|--------------------|--------------------|
| Total de rotas | <b>204</b>         | <b>87</b>          |
| Km rodados     | <b>241.819</b>     | <b>211.740</b>     |
| Tempo em rota  | <b>5.170</b>       | <b>5.223</b>       |
| Custo          | <b>R\$ 917.472</b> | <b>R\$ 875.478</b> |

**Tabela 8 - Dados agregados das comparações entre os modelos**

## 5.2 Análises

Na prática os dados revelam que sem dúvida é possível buscar um novo patamar de melhoria operacional na distribuição da *Marques Distribution Seeds*. Apesar desta afirmação, estes mesmos dados revelam que este novo patamar de melhorias precisa ser tratado com determinados cuidados.

No Gráfico 12, demonstra-se que o custo médio da rota gerada pelo método de Clarke e Wright é quase duas vezes maior do que o custo gerado pela rota no método de Rotas Fixas. Porém, o número médio de entregas é mais do que duas vezes superior. Em teoria este *driver* deveria ser suficiente para ser convertido em maiores reduções de custos dos que os atingidos. Assim, algumas questões que explicam este fato como outras são observadas abaixo:

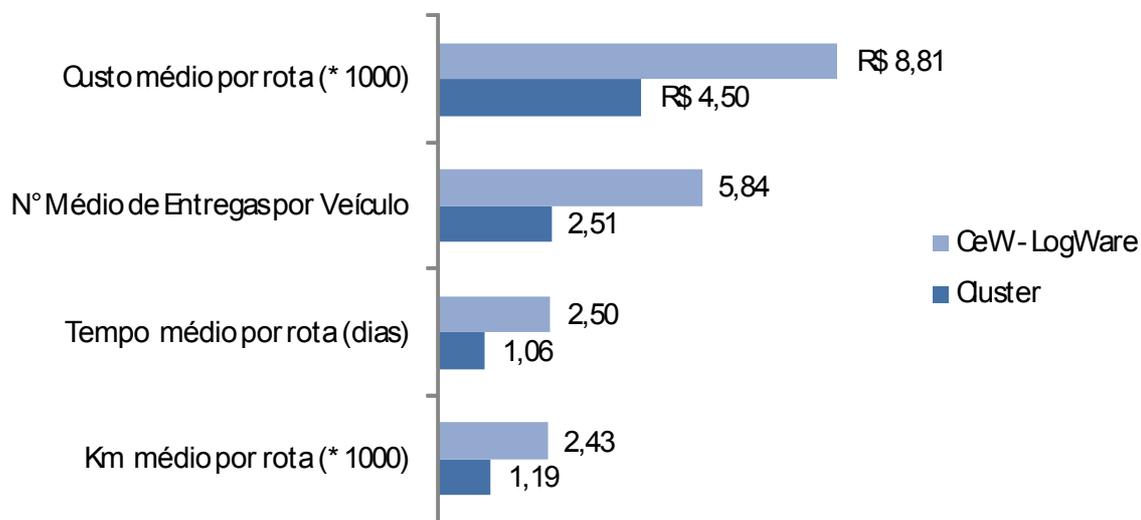
- i. O *Router* tem como objetivo minimizar a distância total da frota. Para o caso de uma frota homogênea, com um custo por quilômetro rodado também igual, minimizar a distância total percorrida é o mesmo que estar reduzindo o custo total. Porém, para o caso avaliado, em que existem veículos com capacidades distintas e conseqüentemente custos também distintos, minimizar a distância não necessariamente significa reduzir o custo. Para esta constatação toma-se o exemplo da roteirização realizada no dia 10 de novembro pelo *Router* (vide Figura 19 - Rotas geradas pelo *Router* para o dia 10 de novembro). Existe um ponto nesta rota (ponto número 47) em que o seu atendimento acrescenta cerca de

2.000 quilômetros no total do percurso para uma entrega de apenas 2.400 kg (6% da capacidade de um bi-trem). Para o *Router*, a solução mais adequada a sua função objetivo (minimizar a distância total) foi a de agregar este ponto a um veículo que tinha uma série de outras entregas a serem realizadas, do que dedicar um novo veículo a partir do CD para realizar apenas esta entrega. Comparando os valores, o custo de um veículo de pequena capacidade (toco de 7 toneladas de capacidade) até o município de Pontes e Lacerda em MT (ponto de número 47) a 1480 quilômetros do CD custa cerca de R\$ 4.500. O fato do bi-trem ter sido deslocado até este município agregou cerca de R\$ 7.000 à operação, ou seja, 55,6% a mais de custo, apesar de praticamente 1.000 quilômetros a menos

- ii. Utilizando outra data como exemplo, o dia 08 de outubro, toma-se como referência a rota gerada mais ao sul do CD, apresentada na Figura 20 - Rotas geradas pelo *Router* para o dia 08 de outubro. A rota em destaque é composta por 15 paradas. Avaliando o desempenho desta rota, nenhuma das restrições definidas deixou de ser atendida como, por exemplo, o da última entrega não ocorrer depois do 4º dia em rota. Porém, para um veículo de elevado custo fixo, como um bi-trem, existe um limite para que o veículo permaneça rodando em uma rota com sua capacidade subutilizada. Desta forma, como o *Router* foca na minimização das distâncias, ele mantém este bi-trem nesta rota mesmo que não seja economicamente viável. Isolando esta rota das demais, sob o aspecto de custo ela deveria ser quebrada em duas, sendo que parte das entregas seria atendida por uma carreta e outra parte por um truck.



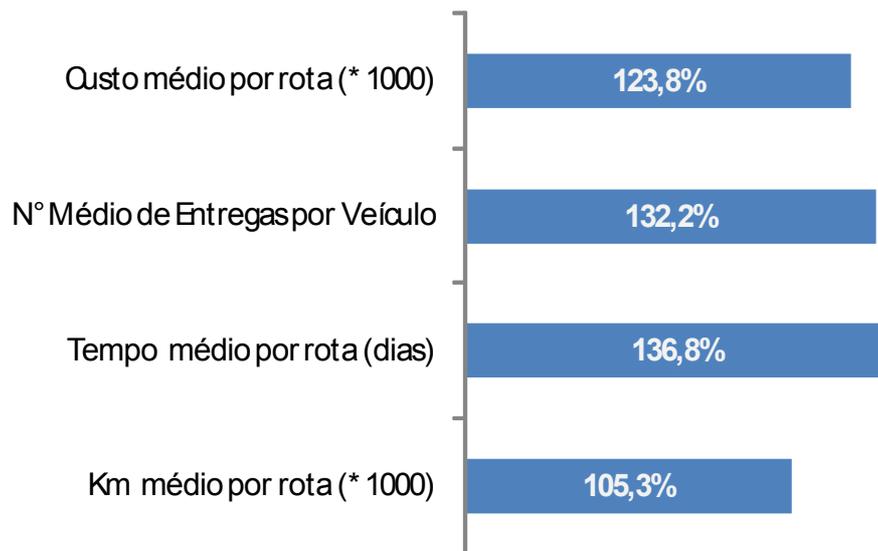
possível o problema proposto pelo caso. O Gráfico 12 adiciona alguns elementos que contribuem para esta conclusão.



**Gráfico 12** – Dados comparativos de desempenho de cada um dos métodos

O Gráfico 12Gráfico revela os números comparativos entre os modelos. Fica evidente a métrica da minimização da distância total no modelo de Clarke e Wright realizando a comparação percentual entre os valores do Gráfico . Esta comparação é revelada pelo Gráfico 13

Nota-se que a menor relação percentual entre os indicadores é a quilometragem média por rota, ou seja, com um incremento de 105,3% este é o menor incremento gerado pelo aumento da eficiência operacional obtida por uma operação com menos veículos, com mais entregas por veículo e com maior taxa de ocupação da frota.



**Gráfico 13** – Comparativo percentual entre os indicadores do modelo de Clarke e Wright e de Rotas Fixas