

j



UDESC

IBIRAMA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CATARINA
CEAVI - CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO ALTO VALE DO ITAJAÍ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE**

Augusto Rustick e Denis Zickuhr

Projeto Integrador III - Entrega IV

Ibirama

1. TEMA

O tema escolhido pela equipe foi o segundo: Sistema de apoio à tomada de decisão em políticas de redução de congestionamentos.

A prefeitura de Aarhus deseja investir em soluções para a redução do congestionamento na área urbana da cidade, como ampliação da capacidade das vias. Para isso, é necessário o desenvolvimento de um software para auxiliar na tomada de decisão, de modo a optar pela estratégia mais vantajosa. Essa solução deverá usar simulações de diferentes pontos da cidade, identificando as melhores opções de intervenção com custo reduzido.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema abordado neste projeto envolve a otimização do tráfego urbano em redes rodoviárias. O objetivo é encontrar configurações ideais para a rede de tráfego, visando melhorar a eficiência, a segurança e a fluidez do tráfego nas áreas urbanas.

Para abordar esse problema, foram desenvolvidos algoritmos de otimização, que visam encontrar as melhores configurações para a rede de tráfego. Esses algoritmos trabalham com grafos representando a estrutura das vias e pontos de interseção. Através da aplicação de técnicas de otimização, os algoritmos propõem modificações nesse grafo, que incluem a criação de novas vias e alargamento das faixas.

A avaliação do desempenho das configurações propostas é realizada por meio de simulações de tráfego. Utilizando o SUMO (Simulation of Urban MObility), um ambiente de simulação de tráfego amplamente utilizado, é possível executar simulações realistas do tráfego urbano, levando em consideração as modificações propostas pelos algoritmos. O SUMO fornece dados precisos sobre o fluxo de veículos, tempos de viagem, congestionamentos e outras métricas relevantes, permitindo a análise comparativa das diferentes configurações.

Além disso, para lidar com o problema de configuração, foram explorados três algoritmos principais: o Irace, o SMAC e o algoritmo de melhor amostra aleatória. Cada um

desses algoritmos possui abordagens diferentes para a resolução do problema e foi utilizado com o objetivo de encontrar as melhores configurações para a rede de tráfego.

O Irace é um algoritmo de busca baseado em otimização multiobjetivo, que utiliza técnicas de amostragem aleatória para explorar o espaço de busca e encontrar soluções de boa qualidade. O SMAC, por sua vez, é um algoritmo baseado em modelagem de metamodelo, que utiliza modelos estatísticos para prever o desempenho das configurações e direcionar a busca por soluções promissoras. Já o algoritmo de melhor amostra aleatória faz uso de amostragem aleatória para explorar diferentes configurações e encontrar soluções que apresentem melhora em relação à configuração atual.

Em suma, o problema de otimização do tráfego urbano envolve a busca por configurações ideais para a rede de tráfego, utilizando algoritmos de otimização como o Irace, o SMAC e o algoritmo de melhor amostra aleatória. A integração com o SUMO permite a realização de simulações de tráfego realistas, possibilitando a avaliação e comparação das diferentes configurações propostas pelos algoritmos. O objetivo final é melhorar a eficiência, a segurança e a fluidez do tráfego nas áreas urbanas, proporcionando uma melhor experiência para os usuários das vias.

3. DETALHES TÉCNICOS E DESCRIÇÃO DOS ALGORITMOS

A equipe encontrou alguns artigos que servirão de base para o desenvolvimento do trabalho. Todos os artigos constam no documento e servirão como base para a elaboração do artigo e da implementação da solução para o problema do tema.

Um problema muito famoso dentro do estudo de algoritmos e heurísticas é o *Network Design* (ND), que é justamente a inspiração para a proposição do tema que será usado como *case* de estudo, além de ser um problema considerado como NP-Difícil. Para tanto, todos os artigos que foram usados como base literária referem-se a esse problema.

Originalmente, na fase 2, havíamos planejado implementar uma busca local simples como o algoritmo de baseline para otimização. No entanto, durante o desenvolvimento, decidimos substituí-lo pelo algoritmo de Melhor Amostra Aleatória. Esse algoritmo é uma

abordagem de otimização que seleciona aleatoriamente configurações de parâmetros e calcula a média dos custos para cada configuração e instância.

O algoritmo começa carregando os parâmetros de um arquivo JSON e define as instâncias a serem otimizadas. Em seguida, ele itera sobre um número pré-determinado de configurações aleatórias. Para cada configuração, o algoritmo executa uma função de execução local, que recebe os parâmetros da configuração, a rede e a instância atual, e retorna o custo dessa configuração para essa instância específica.

O algoritmo mantém uma lista de melhores configurações conhecidas, onde armazena as configurações com os menores custos médios. Durante o processo de iteração, se uma configuração atual tiver um custo médio menor do que alguma configuração existente na lista de melhores configurações conhecidas, ela é substituída pela configuração atual. Isso permite que o algoritmo busque constantemente as configurações com os menores custos médios encontrados até o momento.

No final do processo de otimização, o algoritmo classifica as configurações conhecidas com base nos custos médios e retorna a lista classificada. Isso permite identificar as configurações que tiveram o melhor desempenho em termos de custo médio.

A principal vantagem do algoritmo de Melhor Amostra Aleatória é sua simplicidade e eficiência computacional. Ao selecionar aleatoriamente configurações de parâmetros, ele explora diferentes combinações e evita a estagnação em ótimos locais. Além disso, o algoritmo pode ser facilmente adaptado para lidar com diferentes instâncias e parâmetros, tornando-o flexível e aplicável a uma variedade de problemas de otimização.

O *Irace* foi implementado como parte do processo de otimização de algoritmos. Ele é uma ferramenta de otimização que utiliza um algoritmo de ajuste de hiperparâmetros baseado em técnicas de otimização sequencial. Sua principal função é encontrar a melhor configuração de parâmetros para um determinado problema.

Esse algoritmo opera em um esquema de otimização sequencial, no qual começa com uma amostra inicial de configurações de parâmetros. Essas configurações são selecionadas

aleatoriamente. Em seguida, o Irace realiza experimentos utilizando essas configurações e avalia seu desempenho.

Com base nos resultados desses experimentos, o Irace ajusta a amostra de configurações para a próxima iteração. Ele prioriza as configurações que apresentaram um melhor desempenho em relação às outras. Isso permite que o Irace concentre-se nas melhores configurações de parâmetros, explorando mais a fundo o espaço de busca em direção a soluções cada vez mais promissoras.

Ao longo do projeto, utilizamos duas redes propostas na documentação, a rede ND e a rede OW, as quais foram disponibilizadas pelos autores Nguyen-Dupius, Ortúzar e Willumsen. Essas redes representam casos de estudo do problema de otimização de tráfego urbano.

Para integrar essas redes ao nosso processo de otimização, realizamos a conversão dos grafos das redes ND e OW em arquivos XML compatíveis com o SUMO. Essa conversão permitiu que as redes fossem utilizadas diretamente pelo SUMO, facilitando a aplicação dos algoritmos de otimização e a avaliação de desempenho.

As redes convertidas foram incorporadas ao processo de experimentação utilizando o SUMO. Essa ferramenta foi essencial para simular o tráfego urbano nas redes ND e OW, considerando diferentes cenários de tráfego.

Além disso, para cada uma das redes ND e OW, foram geradas instâncias com variações no tráfego. Foram considerados os seguintes níveis de tráfego: 50, 100, 150, 200 e 250 veículos em circulação. Essas instâncias com diferentes níveis de tráfego foram utilizadas para avaliar o desempenho dos algoritmos de otimização em cenários realistas e variados.

Através da aplicação do SUMO nas redes convertidas e utilizando as instâncias com diferentes níveis de tráfego, foi possível realizar experimentos e obter resultados quantitativos sobre o desempenho dos algoritmos de otimização. Esses resultados foram analisados e comparados, permitindo a identificação dos algoritmos mais eficientes para a resolução do problema de otimização de tráfego urbano.

Em relação à seleção do configurador para nossa aplicação, consideramos várias opções disponíveis no campo da otimização de hiperparâmetros. Após uma análise criteriosa, chegamos a uma lista de possíveis candidatos que poderiam atender às necessidades do projeto. Os configuradores considerados foram: SMAC, GGA, ParamILS, SPOT, Optuna e Golden Parameter Search.

Cada um desses configuradores possui suas próprias características e abordagens para a otimização de hiperparâmetros. O SMAC, por exemplo, é um framework amplamente utilizado que combina o uso de busca sequencial e modelagem de regressão para encontrar os melhores valores de hiperparâmetros. Ele demonstrou ser eficaz em uma variedade de problemas e oferece uma ampla gama de recursos para a otimização.

Após uma análise mais aprofundada das opções disponíveis, optamos por utilizar o SMAC como nosso configurador escolhido. Essa decisão foi baseada em vários fatores, incluindo a eficiência do algoritmo, a flexibilidade para lidar com restrições e limites nos hiperparâmetros, bem como sua integração e compatibilidade com a nossa aplicação.

O SMAC oferece uma série de vantagens que se alinham com as necessidades do projeto. Sua capacidade de explorar o espaço de hiperparâmetros de forma inteligente e adaptativa, combinada com a modelagem eficiente dos resultados dos experimentos, permite uma busca mais eficaz e orientada a resultados.

E por fim, vamos abordar o SUMO (Simulation of Urban MObility) e como ele se integra com os algoritmos mencionados anteriormente. O SUMO é uma ferramenta de simulação de tráfego amplamente utilizada para modelar e analisar o fluxo de veículos em áreas urbanas.

O SUMO funciona criando um ambiente virtual no qual é possível simular o tráfego de veículos em redes rodoviárias. Ele permite a modelagem detalhada de estradas, semáforos, cruzamentos, rotas de veículos e outros elementos essenciais para a simulação realista do tráfego urbano. Com base nessas informações, o SUMO é capaz de gerar dados precisos sobre o fluxo de veículos, tempos de viagem, congestionamentos e outras métricas relevantes.

No contexto dos algoritmos mencionados, o SUMO desempenha um papel fundamental. Primeiramente, ele é utilizado para realizar as simulações de tráfego com os grafos alterados pelos algoritmos de otimização. Isso significa que, após aplicar as alterações propostas pelos algoritmos (como criação de novas vias, alteração de semáforos, etc.), essas modificações são integradas ao ambiente do SUMO para que a simulação possa ser executada.

Os algoritmos desenvolvidos utilizam o SUMO como uma ferramenta externa, aproveitando suas funcionalidades para calcular o desempenho das soluções propostas. Eles se comunicam com o SUMO por meio de comandos e arquivos de entrada/saída, permitindo que os resultados das simulações sejam obtidos e utilizados como métricas para avaliação e comparação dos algoritmos.

Essa integração entre os algoritmos e o SUMO permite que as soluções propostas sejam testadas e avaliadas em um ambiente de simulação realista. Os algoritmos recebem os dados de entrada, como a demanda de veículos e a configuração da rede, e utilizam essas informações para gerar modificações no grafo da rede de tráfego. Em seguida, o ambiente do SUMO é atualizado com essas alterações e a simulação é executada, fornecendo os resultados que serão utilizados na análise comparativa das soluções.

Dessa forma, a integração do SUMO com os algoritmos de otimização de tráfego urbano permite uma abordagem completa e eficaz para a resolução do problema de configuração. O SUMO fornece um ambiente de simulação preciso e realista, enquanto os algoritmos utilizam essas simulações para encontrar as melhores configurações e ajustes na rede de tráfego. Essa abordagem combinada ajuda a otimizar o desempenho do tráfego urbano.

Por fim, no processo de geração da rede e configuração de parâmetros, adotamos uma abordagem em que a rede é gerada a partir de arquivos de vértices e nós de fácil manipulação. Esses arquivos são diretamente modificados, em cópia, para realizar alterações na rede e aplicar parâmetros específicos. Após a aplicação das alterações, utilizamos um script em Python para regenerar a rede, levando em consideração as modificações feitas nos nós. Essa abordagem nos permite ter um controle mais preciso sobre as configurações da rede, facilitando a aplicação dos algoritmos de otimização e a realização das simulações de tráfego

com o SUMO. Essa metodologia de geração e configuração dos parâmetros da rede proporciona uma base sólida e flexível para a pesquisa acadêmica, permitindo a exploração e avaliação de diferentes cenários e configurações para a otimização do tráfego urbano.

4. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO ESCOLHIDOS

Quanto ao critério de cálculo da função objetivo, algumas ideias foram definidas durante o escopo da fase 1, e o critério que foi propriamente escolhido foi o seguinte: A ideia é pegar a soma dos *timesteps* gerados pela simulação do SUMO, e depois disso fazer as alterações; Se uma solução tiver menos *timesteps* do que outra, quer dizer que houve uma melhora mais significativa nas perturbações geradas pelas duas alterações que o algoritmo escolheu fazer.

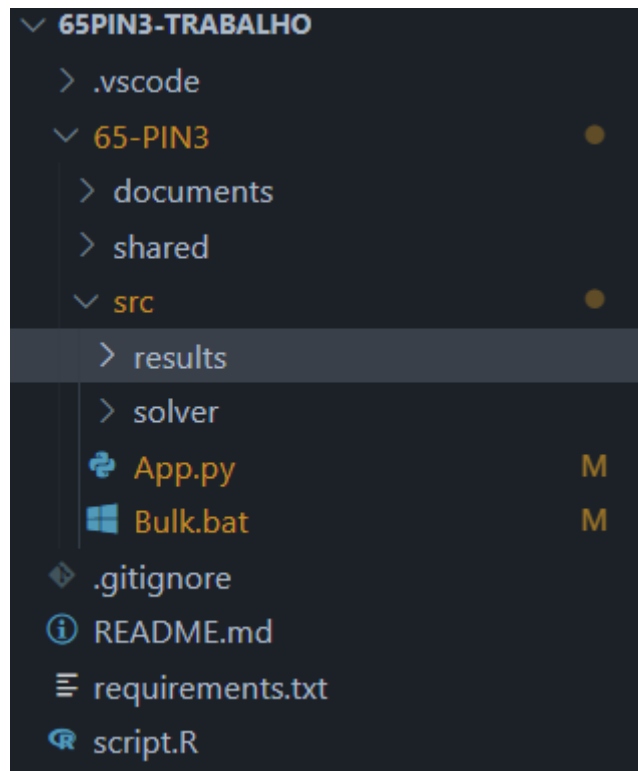
Dentre as opções que tínhamos, cogitamos fazer uma contagem de ciclos, quantidade de vezes que a função objetivo foi chamada, velocidade média dos veículos e tempo de execução. Entretanto, como consideramos que é uma simulação da vida real, poderia ser mais interessante que os carros não necessariamente andariam na velocidade máxima permitida, mas ficariam menos tempo parados.

Isso implica que, em termos da vida real, um motorista convencional iria preferir dirigir sem parar, mesmo que em uma velocidade menor, tendo uma maior preferência do que se ele andasse em alguns pontos com uma velocidade maior, mas que diminuísse a quantidade de vezes que os carros pararem em congestionamentos e ficariam imóveis. Para tanto, optamos pela escolha de usar os *timesteps*, que metrificam de forma mais precisa a quantidade de paradas dos veículos.

5. DEMONSTRAÇÃO DE FUNCIONAMENTO

A seguir, será demonstrado o funcionamento do sistema, com capturas de imagens das telas, bem como uma explicação sobre o funcionamento.

Primeiramente, para iniciar a aplicação, deve-se rodar o arquivo do App.py.



Que irá abrir a seguinte janela:

A screenshot of a dialog box titled "Application". It contains two columns of radio button options and two input fields.

Selezione uma instância:

- ☒ Rede OW
- ☐ Rede ND

Selezione um método:

- ☐ Melhor amostra aleatória
- ☐ Irace
- ☐ SMAC

MaxExperiments:

Budget:

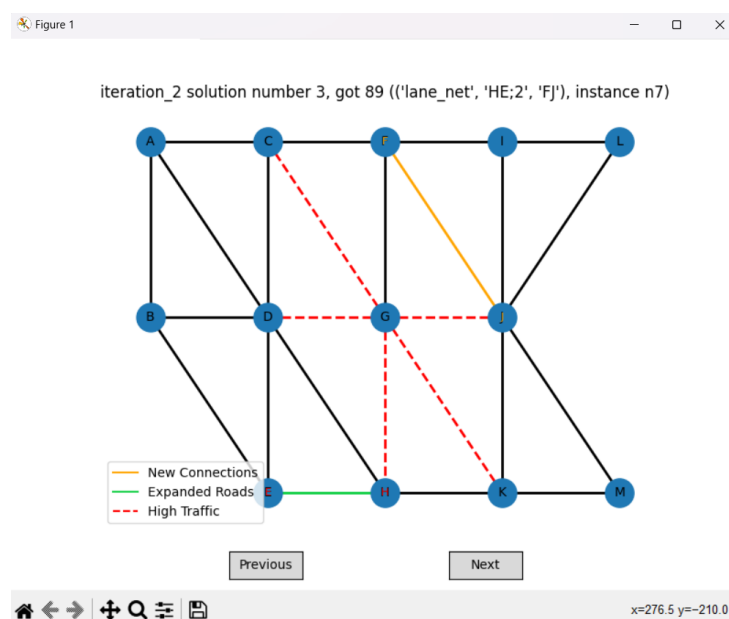
Nesta tela, basta selecionar qual algoritmo vai ser executado, bem como a rede, máximo de experimentos e budgets, e apertar para confirmar.

Será aberta uma janela de console que mostra, em tempo de execução, como está o andamento do algoritmo.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe x + v
# 2023-07-07 16:01:48 -03: Initialization
# Elitist race
# Elitist new instances: 1
# Elitist limit: 2
# nbIterations: 4
# minNbSurvival: 4
# nbParameters: 5
# seed: 2129446920
# confidence level: 0.95
# budget: 180
# mu: 5
# deterministic: TRUE

# 2023-07-07 16:01:48 -03: Iteration 1 of 4
# experimentsUsedSoFar: 0
# remainingBudget: 180
# currentBudget: 45
# nbConfigurations: 7
# Markers:
#   x No test is performed.
#   c Configurations are discarded only due to capping.
#   - The test is performed and some configurations are discarded.
# 2023-07-07 16:01:48 -03: Initialization
# Elitist race
# Elitist new instances: 1
# Elitist limit: 2
# nbIterations: 4
# minNbSurvival: 4
# nbParameters: 5
# seed: 2129446920
```

Após a finalização do algoritmo, uma janela de resultados será aberta com o histórico completo de perturbações realizadas.



6. EXPERIMENTOS

Para fazer os experimentos do projeto, foi criado um arquivo .bat para rodar as aplicações individualmente. Para cada combinação de grafo e *budget*(que varia entre os valores de: 100, 200, 300, 400 e 500), foram feitos 10 arquivos de teste. Além disso, para cada valor do *budget*, uma iteração é feita, dentro do IRACE, SMAC ou do algoritmo baseline, e em cada uma dessas iterações, são calculados os novos valores de tráfego para 50, 100, 150, 200 e 250 carros que o SUMO simula.

Ou seja, foram gerados 300 arquivos individuais, que continham todos os resultados encontrados, em ordem do maior para o menor. Então, para a maioria dos arquivos, bastava pegar o primeiro valor de cada arquivo e colocar na planilha do Excel. Essa ordem era colocada baseada no tempo médio que os veículos demoravam para completar o trajeto, sendo que, em caso de empate, era feito um agrupamento pelos IDs, mostrando em ordem do mais recente para o mais atual. A exceção estava no IRACE, onde, em caso de empate dos valores médios, ele começava a ordenação pelos valores individuais, e não pelos IDs

Quanto à planilha, a seguir vem uma captura de tela de como ela foi estruturada:

[illegible]

47			100,00			100,00			100,00								
48			100,00			100,00			100,00								
49	9		100,00			100,00			100,00								
50			100,00			100,00			100,00								
51			100,00			100,00			100,00								
52			100,00			100,00			100,00								
53	10		100,00			100,00			100,00								
54			100,00			100,00			100,00								
55			100,00			100,00			100,00								
56			100,00			100,00			100,00								
57		MÉDIA:	#####	#DIV/0!	MÉDIA:	#####	#DIV/0!	MÉDIA:	#####	#DIV/0!							

Começando pelo quadrado na direita, ele contém as informações da simulação original do SUMO, antes que as perturbações tenham sido feitas. Após isso, os dados são colocados nas celular, e comparados com o original, e uma porcentagem é exibida com o valor de quanto a solução teve de melhora ou piora, onde as células verdes mostram o quando foi essa melhora.

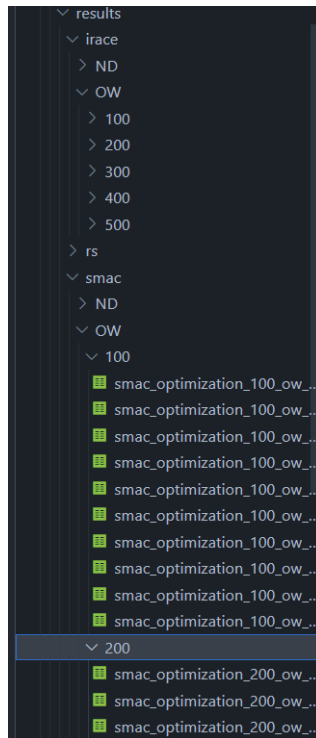
O arquivo bat foi executado em três computadores diferentes, demorando mais do que 30 horas para terminar a criação de todos os 300 arquivos diferentes.

```

Bulk.bat
65-PIN3 > src > Bulk.bat
143 python %bsln% nd 300 True
144 python %bsln% nd 400 True
145 python %bsln% nd 500 True
146 python %bsln% nd 100 True
147 python %bsln% nd 200 True
148 python %bsln% nd 300 True
149 python %bsln% nd 400 True
150 python %bsln% nd 500 True
151 python %bsln% nd 100 True
152 python %bsln% nd 200 True
153 python %bsln% nd 300 True

```

Além disso, os arquivos vinham contendo nomes pouco sugestivos e de forma desorganizada, então, manualmente, tivemos que os ordenar em pastas e renomeados da maneira certa, para uma melhor organização.



Esses arquivos podem ser consultados no diretório do projeto, encaminhado juntamente à esse documento.

7. RESULTADOS

A seguir seguem as planilhas com os resultados encontrados, todos esses dados podem ser consultados no arquivo de excel que foi anexado junto à entrega do projeto.

Após as capturas de telas, existem comentários pertinentes à análise dos resultados obtidos.

OW100

1	Rede:	OW											
2	Budget	100											
3													
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria			
6													
7	1	50	88	-83,33	50	79	-64,58	50	88	-83,33		50	
8		100	119	69,49	100	114	70,77	100	119	69,49		48	
9		150	452	32,44	150	193	71,15	150	452	32,44		390	
10		200	773	-1,71	200	526	30,79	200	773	-1,71		669	
11		250	1047	23,80	250	1157	15,79	250	1047	23,80		760	
12	2	50	88	-83,33	50	70	-45,83	50	88	-83,33		250	
13		100	119	69,49	100	122	68,72	100	119	69,49		1374	
14		150	452	32,44	150	169	74,74	150	452	32,44			
15		200	773	-1,71	200	907	-19,34	200	773	-1,71			
16		250	1047	23,80	250	881	35,88	250	1047	23,80			
17	3	50	88	-83,33	50	76	-58,33	50	88	-83,33			
18		100	119	69,49	100	116	70,26	100	119	69,49			
19		150	452	32,44	150	442	33,93	150	452	32,44			
20		200	773	-1,71	200	812	-6,84	200	773	-1,71			
21		250	1047	23,80	250	1165	15,21	250	1047	23,80			
22	4	50	88	-83,33	50	81	-68,75	50	88	-83,33			
23		100	119	69,49	100	407	-4,36	100	119	69,49			
24		150	452	32,44	150	675	-0,90	150	452	32,44			
25		200	773	-1,71	200	768	-1,05	200	773	-1,71			
26		250	1047	23,80	250	838	39,01	250	1047	23,80			
27	5	50	88	-83,33	50	71	-47,92	50	88	-83,33			
28		100	119	69,49	100	114	70,77	100	119	69,49			
29		150	452	32,44	150	444	33,63	150	452	32,44			
30		200	773	-1,71	200	809	-6,45	200	773	-1,71			
31		250	1047	23,80	250	917	33,26	250	1047	23,80			
32	6	50	88	-83,33	50	76	-58,33	50	88	-83,33			
33		100	119	69,49	100	126	67,69	100	119	69,49			
34		150	452	32,44	150	451	32,59	150	452	32,44			
35		200	773	-1,71	200	776	-2,11	200	773	-1,71			
36		250	1047	23,80	250	853	37,92	250	1047	23,80			
37	7	50	88	-83,33	50	88	-83,33	50	88	-83,33			
38		100	119	69,49	100	126	67,69	100	119	69,49			
39		150	452	32,44	150	451	32,59	150	452	32,44			
40		200	773	-1,71	200	776	-2,11	200	773	-1,71			
41		250	1047	23,80	250	853	37,92	250	1047	23,80			
42	8	50	88	-83,33	50	87	-81,25	50	88	-83,33			
43		100	119	69,49	100	389	0,26	100	119	69,49			
44		150	452	32,44	150	461	31,09	150	452	32,44			
45		200	773	-1,71	200	759	0,13	200	773	-1,71			
46		250	1047	23,80	250	733	46,65	250	1047	23,80			
47	9	50	88	-83,33	50	88	-83,33	50	88	-83,33			
48		100	119	69,49	100	126	67,69	100	119	69,49			
49		150	452	32,44	150	451	32,59	150	452	32,44			
50		200	773	-1,71	200	776	-2,11	200	773	-1,71			
51		250	1047	23,80	250	853	37,92	250	1047	23,80			
52	10	50	88	-83,33	50	89	-85,42	50	88	-83,33			
53		100	119	69,49	100	124	68,21	100	119	69,49			
54		150	452	32,44	150	443	33,78	150	452	32,44			
55		200	773	-1,71	200	842	-10,79	200	773	-1,71			
56		250	1047	23,80	250	1119	18,56	250	1047	23,80			
57		MÉDIA:	496	23,51	MÉDIA:	477	26,35	MÉDIA:	496	23,51			

OW200

1	Rede:	OW											
2	Budget	200											
3													
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria			
6													
7	1	50	71	-47,92	50	81	-68,75	50	88	-83,33		50	48
8		100	116	70,26	100	407	-4,36	100	119	69,49		100	390
9		150	416	37,82	150	424	36,62	150	452	32,44		150	669
10		200	742	2,37	200	526	30,79	200	773	-1,71		200	760
11		250	860	37,41	250	854	37,85	250	1047	23,80		250	1374
12	2	50	80	-66,67	50	81	-68,75	50	88	-83,33		MÉDIA: 648	
13		100	114	70,77	100	407	-4,36	100	119	69,49			
14		150	179	73,24	150	424	36,62	150	452	32,44			
15		200	779	-2,50	200	526	30,79	200	773	-1,71			
16		250	1124	18,20	250	854	37,85	250	1047	23,80			
17	3	50	81	-68,75	50	71	-47,92	50	88	-83,33			
18		100	124	68,21	100	116	70,26	100	119	69,49			
19		150	179	73,24	150	416	37,82	150	452	32,44			
20		200	712	6,32	200	742	2,37	200	773	-1,71			
21		250	1265	7,93	250	860	37,41	250	1047	23,80			
22	4	50	80	-66,67	50	71	-47,92	50	88	-83,33			
23		100	114	70,77	100	116	70,26	100	119	69,49			
24		150	179	73,24	150	416	37,82	150	452	32,44			
25		200	779	-2,50	200	742	2,37	200	773	-1,71			
26		250	1124	18,20	250	860	37,41	250	1047	23,80			

27	5	50	89	-85,42	50	88	-83,33	50	88	-83,33				
28		100	124	68,21	100	116	70,26	100	119	69,49				
29		150	443	33,78	150	672	-0,45	150	452	32,44				
30		200	572	24,74	200	759	0,13	200	773	-1,71				
31		250	1064	22,56	250	850	38,14	250	1047	23,80				
32	6	50	89	-85,42	50	80	-66,67	50	88	-83,33				
33		100	124	68,21	100	118	69,74	100	119	69,49				
34		150	443	33,78	150	440	34,23	150	452	32,44				
35		200	572	24,74	200	728	4,21	200	773	-1,71				
36		250	1064	22,56	250	1063	22,63	250	1047	23,80				
37	7	50	71	-47,92	50	80	-66,67	50	88	-83,33				
38		100	114	70,77	100	114	70,77	100	119	69,49				
39		150	444	33,63	150	179	73,24	150	452	32,44				
40		200	809	-6,45	200	779	-2,50	200	773	-1,71				
41		250	917	33,26	250	1124	18,20	250	1047	23,80				
42	8	50	80	-66,67	50	89	-85,42	50	88	-83,33				
43		100	114	70,77	100	124	68,21	100	119	69,49				
44		150	179	73,24	150	443	33,78	150	452	32,44				
45		200	779	-2,50	200	572	24,74	200	773	-1,71				
46		250	1124	18,20	250	1064	22,56	250	1047	23,80				

47	9	50	89	-85,42	50	89	-85,42	50	88	-83,33				
48		100	124	68,21	100	124	68,21	100	119	69,49				
49		150	443	33,78	150	443	33,78	150	452	32,44				
50		200	572	24,74	200	572	24,74	200	773	-1,71				
51		250	1064	22,56	250	1064	22,56	250	1047	23,80				
52	10	50	80	-66,67	50	71	-47,92	50	88	-83,33				
53		100	118	69,74	100	114	70,77	100	119	69,49				
54		150	440	34,23	150	444	33,63	150	452	32,44				
55		200	525	30,92	200	809	-6,45	200	773	-1,71				
56		250	1298	5,53	250	917	33,26	250	1047	23,80				
57		MÉDIA:	462	28,77	MÉDIA:	462	28,65	MÉDIA:	496	23,51				

OW300

1	Rede:	OW																		
2	Budget	300																		
3																				
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC									Original:	Qnt. Veículos	Valor	
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria										
6																				
7	1	50	71	-47,92	50	88	-83,33	50	70	-45,83								50	48	
8		100	116	70,26	100	126	67,69	100	115	70,51								100	390	
9		150	416	37,82	150	451	32,59	150	175	73,84								150	669	
10		200	742	2,37	200	776	-2,11	200	1006	-32,37								200	760	
11		250	860	37,41	250	853	37,92	250	1024	25,47								250	1374	
12	2	50	79	-64,58	50	88	-83,33	50	70	-45,83								MÉDIA:		648
13		100	114	70,77	100	112	71,28	100	115	70,51										
14		150	166	75,19	150	453	32,29	150	175	73,84										
15		200	788	-3,68	200	754	0,79	200	1006	-32,37										
16		250	1065	22,49	250	896	34,79	250	1024	25,47										
17	3	50	79	-64,58	50	80	-66,67	50	70	-45,83										
18		100	114	70,77	100	114	70,77	100	115	70,51										
19		150	193	71,15	150	179	73,24	150	175	73,84										
20		200	526	30,79	200	779	-2,50	200	1006	-32,37										
21		250	1157	15,79	250	1135	17,39	250	1024	25,47										
22	4	50	88	-83,33	50	75	-56,25	50	70	-45,83										
23		100	112	71,28	100	121	68,97	100	115	70,51										
24		150	453	32,29	150	390	41,70	150	175	73,84										
25		200	761	-0,13	200	735	3,29	200	1006	-32,37										
26		250	870	36,68	250	1136	17,32	250	1024	25,47										

27	5	50	71	-47,92	50	89	-85,42	50	70	-45,83				
28		100	116	70,26	100	408	-4,62	100	115	70,51				
29		150	416	37,82	150	151	77,43	150	175	73,84				
30		200	742	2,37	200	750	1,32	200	1006	-32,37				
31		250	860	37,41	250	1064	22,56	250	1024	25,47				
32	6	50	89	-85,42	50	89	-85,42	50	70	-45,83				
33		100	408	-4,62	100	408	-4,62	100	115	70,51				
34		150	151	77,43	150	151	77,43	150	175	73,84				
35		200	753	0,92	200	750	1,32	200	1006	-32,37				
36		250	1064	22,56	250	1064	22,56	250	1024	25,47				
37	7	50	79	-64,58	50	80	-66,67	50	70	-45,83				
38		100	114	70,77	100	114	70,77	100	115	70,51				
39		150	193	71,15	150	179	73,24	150	175	73,84				
40		200	526	30,79	200	779	-2,50	200	1006	-32,37				
41		250	1157	15,79	250	1135	17,39	250	1024	25,47				
42	8	50	79	-64,58	50	80	-66,67	50	70	-45,83				
43		100	114	70,77	100	114	70,77	100	115	70,51				
44		150	166	75,19	150	179	73,24	150	175	73,84				
45		200	788	-3,68	200	779	-2,50	200	1006	-32,37				
46		250	1065	22,49	250	1135	17,39	250	1024	25,47				

46	9	50	71	-47,92	50	70	-45,83	50	70	-45,83				
47		100	116	70,26	100	122	68,72	100	115	70,51				
48		150	416	37,82	150	169	74,74	150	175	73,84				
49		200	742	2,37	200	907	-19,34	200	1006	-32,37				
50		250	860	37,41	250	881	35,88	250	1024	25,47				
51	10	50	88	-83,33	50	70	-45,83	50	70	-45,83				
52		100	126	67,69	100	122	68,72	100	115	70,51				
53		150	451	32,59	150	169	74,74	150	175	73,84				
54		200	776	-2,11	200	907	-19,34	200	1006	-32,37				
55		250	853	37,92	250	881	35,88	250	1024	25,47				
56		MÉDIA:	444	31,44	MÉDIA:	463	28,61	MÉDIA:	478	26,26				

1	Rede:	OW											
2	Budget	400											
3													
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria			
6													
7	1	50	104	-116,67	50	71	-47,92	50	72	-50,00		50	48
8		100	126	67,69	100	116	70,26	100	124	68,21		100	390
9		150	184	72,50	150	416	37,82	150	166	75,19		150	669
10		200	480	36,84	200	742	2,37	200	556	26,84		200	760
11		250	1101	19,87	250	1024	25,47	250	869	36,75		250	1374
12	2	50	95	-97,92	50	72	-50,00	50	72	-50,00		MÉDIA: 648	
13		100	129	66,92	100	124	68,21	100	124	68,21			
14		150	184	72,50	150	166	75,19	150	166	75,19			
15		200	479	36,97	200	556	26,84	200	556	26,84			
16		250	1151	16,23	250	869	36,75	250	869	36,75			
17	3	50	88	-83,33	50	75	-56,25	50	72	-50,00			
18		100	137	64,87	100	121	68,97	100	124	68,21			
19		150	453	32,29	150	390	41,70	150	166	75,19			
20		200	469	38,29	200	735	3,29	200	556	26,84			
21		250	1101	19,87	250	1136	17,32	250	869	36,75			
22	4	50	88	-83,33	50	79	-64,58	50	72	-50,00			
23		100	137	64,87	100	114	70,77	100	124	68,21			
24		150	453	32,29	150	179	73,24	150	166	75,19			
25		200	469	38,29	200	526	30,79	200	556	26,84			
26		250	1101	19,87	250	1157	15,79	250	869	36,75			
27	5	50	89	-85,42	50	80	-66,67	50	72	-50,00			
28		100	140	64,10	100	114	70,77	100	124	68,21			
29		150	215	67,86	150	179	73,24	150	166	75,19			
30		200	475	37,50	200	779	-2,50	200	556	26,84			
31		250	1349	1,82	250	1135	17,39	250	869	36,75			
32	6	50	94	-95,83	50	71	-47,92	50	72	-50,00			
33		100	139	64,36	100	116	70,26	100	124	68,21			
34		150	180	73,09	150	416	37,82	150	166	75,19			
35		200	504	33,68	200	742	2,37	200	556	26,84			
36		250	1412	-2,77	250	1024	25,47	250	869	36,75			
37	7	50	90	-87,50	50	71	-47,92	50	72	-50,00			
38		100	133	65,90	100	116	70,26	100	124	68,21			
39		150	446	33,33	150	416	37,82	150	166	75,19			
40		200	468	38,42	200	742	2,37	200	556	26,84			
41		250	943	31,37	250	1024	25,47	250	869	36,75			
42	8	50	88	-83,33	50	79	-64,58	50	72	-50,00			
43		100	146	62,56	100	114	70,77	100	124	68,21			

OW500

1	Rede:	OW											
2	Budget	500											
3													
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria			
6													
7	1	50	71	-47,92	50	71	-47,92	50	70	-45,83		50	48
8		100	116	70,26	100	112	71,28	100	124	68,21		100	390
9		150	416	37,82	150	192	71,30	150	166	75,19		150	669
10		200	742	2,37	200	805	-5,92	200	556	26,84		200	760
11		250	860	37,41	250	1150	16,30	250	869	36,75		250	1374
12	2	50	80	-66,67	50	72	-50,00	50	70	-45,83		MÉDIA: 648	
13		100	114	70,77	100	114	70,77	100	124	68,21			
14		150	179	73,24	150	166	75,19	150	166	75,19			
15		200	779	-2,50	200	525	30,92	200	556	26,84			
16		250	1124	18,20	250	875	36,32	250	869	36,75			
17	3	50	83	-72,92	50	79	-64,58	50	70	-45,83			
18		100	405	-3,85	100	114	70,77	100	124	68,21			
19		150	163	75,64	150	193	71,15	150	166	75,19			
20		200	504	33,68	200	526	30,79	200	556	26,84			
21		250	1075	21,76	250	1157	15,79	250	869	36,75			
22	4	50	80	-66,67	50	80	-66,67	50	70	-45,83			
23		100	114	70,77	100	114	70,77	100	124	68,21			
24		150	179	73,24	150	179	73,24	150	166	75,19			
25		200	779	-2,50	200	779	-2,50	200	556	26,84			
26		250	1124	18,20	250	1124	18,20	250	869	36,75			

27	5	50	70	-45,83	50	80	-66,67	50	70	-45,83				
28		100	122	68,72	100	112	71,28	100	124	68,21				
29		150	169	74,74	150	453	32,29	150	166	75,19				
30		200	907	-19,34	200	754	0,79	200	556	26,84				
31		250	881	35,88	250	896	34,79	250	869	36,75				
32	6	50	80	-66,67	50	81	-68,75	50	70	-45,83				
33		100	114	70,77	100	407	-4,36	100	124	68,21				
34		150	179	73,24	150	424	36,62	150	166	75,19				
35		200	779	-2,50	200	526	30,79	200	556	26,84				
36		250	1124	18,20	250	854	37,85	250	869	36,75				
37	7	50	80	-66,67	50	83	-72,92	50	70	-45,83				
38		100	114	70,77	100	122	68,72	100	124	68,21				
39		150	179	73,24	150	169	74,74	150	166	75,19				
40		200	779	-2,50	200	504	33,68	200	556	26,84				
41		250	1124	18,20	250	1075	21,76	250	869	36,75				
42	8	50	80	-66,67	50	88	-83,33	50	70	-45,83				
43		100	114	70,77	100	112	71,28	100	124	68,21				
44		150	179	73,24	150	453	32,29	150	166	75,19				
45		200	779	-2,50	200	754	0,79	200	556	26,84				
46		250	1124	18,20	250	896	34,79	250	869	36,75				

47	9	50	80	-66,67	50	89	-85,42	50	70	-45,83				
48		100	114	70,77	100	133	65,90	100	124	68,21				
49		150	179	73,24	150	163	75,64	150	166	75,19				
50		200	779	-2,50	200	525	30,92	200	556	26,84				
51		250	1124	18,20	250	875	36,32	250	869	36,75				
52	10	50	71	-47,92	50	87	-81,25	50	70	-45,83				
53		100	116	70,26	100	125	67,95	100	124	68,21				
54		150	416	37,82	150	166	75,19	150	166	75,19				
55		200	742	2,37	200	524	31,05	200	556	26,84				
56		250	860	37,41	250	902	34,35	250	869	36,75				
57		MÉDIA:	449	30,75	MÉDIA:	417	35,64	MÉDIA:	357	44,92				

ND100

,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Rede:	ND												
2	Budget	100												
3														
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor	
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria				
6														
7	1	50	88	6,38	50	99	-5,32	50	101	-7,45		50	94	
8		100	146	85,60	100	143	85,90	100	125	87,67		100	1014	
9		150	196	85,42	150	698	48,07	150	173	87,13		150	1344	
10		200	475	37,34	200	488	35,62	200	740	2,37		200	758	
11		250	1175	42,91	250	809	60,69	250	1137	44,75		250	2058	
12	2	50	90	4,26	50	81	13,83	50	101	-7,45		MÉDIA: 1054		
13		100	447	55,92	100	142	86,00	100	125	87,67				
14		150	471	64,96	150	176	86,90	150	173	87,13				
15		200	476	37,20	200	449	40,77	200	740	2,37				
16		250	1375	33,19	250	1418	31,10	250	1137	44,75				
17	3	50	93	1,06	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
18		100	720	28,99	100	127	87,48	100	125	87,67				
19		150	497	63,02	150	181	86,53	150	173	87,13				
20		200	242	68,07	200	446	41,16	200	740	2,37				
21		250	1173	43,00	250	1110	46,06	250	1137	44,75				
22	4	50	117	-24,47	50	102	-8,51	50	101	-7,45				
23		100	145	85,70	100	402	60,36	100	125	87,67				
24		150	994	26,04	150	736	45,24	150	173	87,13				
25		200	439	42,08	200	707	6,73	200	740	2,37				
26		250	1449	29,59	250	1721	16,38	250	1137	44,75				

22	4	50	117	-24,47	50	102	-8,51	50	101	-7,45
23		100	145	85,70	100	402	60,36	100	125	87,67
24		150	994	26,04	150	736	45,24	150	173	87,13
25		200	439	42,08	200	707	6,73	200	740	2,37
26		250	1449	29,59	250	1721	16,38	250	1137	44,75
27	5	50	90	4,26	50	94	0,00	50	101	-7,45
28		100	181	82,15	100	127	87,48	100	125	87,67
29		150	476	64,58	150	767	42,93	150	173	87,13
30		200	466	38,52	200	227	70,05	200	740	2,37
31		250	1112	45,97	250	1690	17,88	250	1137	44,75
32	6	50	97	-3,19	50	93	1,06	50	101	-7,45
33		100	175	82,74	100	396	60,95	100	125	87,67
34		150	246	81,70	150	217	83,85	150	173	87,13
35		200	465	38,65	200	474	37,47	200	740	2,37
36		250	1114	45,87	250	1515	26,38	250	1137	44,75
37	7	50	81	13,83	50	107	-13,83	50	101	-7,45
38		100	140	86,19	100	143	85,90	100	125	87,67
39		150	174	87,05	150	767	42,93	150	173	87,13
40		200	727	4,09	200	744	1,85	200	740	2,37
41		250	1370	33,43	250	1441	29,98	250	1137	44,75
42	8	50	94	0,00	50	100	-6,38	50	101	-7,45
43		100	448	55,82	100	123	87,87	100	125	87,67
44		150	763	43,23	150	216	83,93	150	173	87,13
45		200	750	1,06	200	485	36,02	200	740	2,37
46		250	1124	45,38	250	1089	47,08	250	1137	44,75

[illegible]

ND200

1	Rede:	ND												
2	Budget	200												
3														
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor	
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria				
6														
7	1	50	89	5,32	50	110	-17,02	50	101	-7,45		50	94	
8		100	141	86,09	100	423	58,28	100	125	87,67		100	1014	
9		150	186	86,16	150	465	65,40	150	173	87,13		150	1344	
10		200	482	36,41	200	482	36,41	200	740	2,37		200	758	
11		250	1656	19,53	250	1429	30,56	250	1137	44,75		250	2058	
12	2	50	94	0,00	50	104	-10,64	50	101	-7,45		MÉDIA:		1054
13		100	132	86,98	100	127	87,48	100	125	87,67				
14		150	461	65,70	150	181	86,53	150	173	87,13				
15		200	468	38,26	200	466	38,52	200	740	2,37				
16		250	1133	44,95	250	1110	46,06	250	1137	44,75				
17	3	50	100	-6,38	50	92	2,13	50	101	-7,45				
18		100	709	30,08	100	434	57,20	100	125	87,67				
19		150	750	44,20	150	721	46,35	150	173	87,13				
20		200	499	34,17	200	466	38,52	200	740	2,37				
21		250	879	57,29	250	1408	31,58	250	1137	44,75				
22	4	50	101	-7,45	50	98	-4,26	50	101	-7,45				
23		100	125	87,67	100	142	86,00	100	125	87,67				
24		150	173	87,13	150	184	86,31	150	173	87,13				
25		200	740	2,37	200	453	40,24	200	740	2,37				
26		250	1137	44,75	250	1367	33,58	250	1137	44,75				

27	5	50	94	0,00	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
28		100	132	86,98	100	127	87,48	100	125	87,67				
29		150	461	65,70	150	181	86,53	150	173	87,13				
30		200	468	38,26	200	466	38,52	200	740	2,37				
31		250	1133	44,95	250	1110	46,06	250	1137	44,75				
32	6	50	88	6,38	50	97	-3,19	50	101	-7,45				
33		100	137	86,49	100	457	54,93	100	125	87,67				
34		150	453	66,29	150	195	85,49	150	173	87,13				
35		200	469	38,13	200	473	37,60	200	740	2,37				
36		250	1101	46,50	250	909	55,83	250	1137	44,75				
37	7	50	94	0,00	50	98	-4,26	50	101	-7,45				
38		100	132	86,98	100	142	86,00	100	125	87,67				
39		150	461	65,70	150	184	86,31	150	173	87,13				
40		200	468	38,26	200	453	40,24	200	740	2,37				
41		250	1133	44,95	250	1367	33,58	250	1137	44,75				
42	8	50	97	-3,19	50	100	-6,38	50	101	-7,45				
43		100	175	82,74	100	123	87,87	100	125	87,67				
44		150	246	81,70	150	216	83,93	150	173	87,13				
45		200	465	38,65	200	485	36,02	200	740	2,37				
46		250	1114	45,87	250	1089	47,08	250	1137	44,75				

47	9	50	97	-3,19	50	95	-1,06	50	101	-7,45				
48		100	467	53,94	100	156	84,62	100	125	87,67				
49		150	202	84,97	150	429	68,08	150	173	87,13				
50		200	444	41,42	200	474	37,47	200	740	2,37				
51		250	1383	32,80	250	1373	33,28	250	1137	44,75				
52	10	50	93	1,06	50	92	2,13	50	101	-7,45				
53		100	720	28,99	100	434	57,20	100	125	87,67				
54		150	497	63,02	150	721	46,35	150	173	87,13				
55		200	242	68,07	200	466	38,52	200	740	2,37				
56		250	1173	43,00	250	1408	31,58	250	1137	44,75				
57		MÉDIA:			486	53,88	MÉDIA:	486	53,90	MÉDIA:	455	56,80		

ND300

1	Rede:	ND												
2	Budget	300												
3														
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor	
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria				
6														
7	1	50	85	9,57	50	85	9,57	50	101	-7,45		50	94	
8		100	139	86,29	100	139	86,29	100	125	87,67		100	1014	
9		150	185	86,24	150	185	86,24	150	173	87,13		150	1344	
10		200	227	70,05	200	227	70,05	200	740	2,37		200	758	
11		250	1670	18,85	250	1670	18,85	250	1137	44,75		250	2058	
12	2	50	86	8,51	50	86	8,51	50	101	-7,45		MÉDIA:		1054
13		100	434	57,20	100	434	57,20	100	125	87,67				
14		150	760	43,45	150	760	43,45	150	173	87,13				
15		200	482	36,41	200	482	36,41	200	740	2,37				
16		250	916	55,49	250	916	55,49	250	1137	44,75				
17	3	50	104	-10,64	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
18		100	126	87,57	100	126	87,57	100	125	87,67				
19		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13				
20		200	480	36,68	200	480	36,68	200	740	2,37				
21		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75				
22	4	50	95	-1,06	50	95	-1,06	50	101	-7,45				
23		100	129	87,28	100	129	87,28	100	125	87,67				
24		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13				
25		200	479	36,81	200	479	36,81	200	740	2,37				
26		250	1151	44,07	250	1151	44,07	250	1137	44,75				
27	5	50	104	-10,64	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
28		100	126	87,57	100	126	87,57	100	125	87,67				
29		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13				
30		200	480	36,68	200	480	36,68	200	740	2,37				
31		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75				
32	6	50	83	11,70	50	83	11,70	50	101	-7,45				
33		100	136	86,59	100	136	86,59	100	125	87,67				
34		150	473	64,81	150	473	64,81	150	173	87,13				
35		200	462	39,05	200	462	39,05	200	740	2,37				
36		250	1472	28,47	250	1472	28,47	250	1137	44,75				
37	7	50	81	13,83	50	81	13,83	50	101	-7,45				
38		100	140	86,19	100	140	86,19	100	125	87,67				
39		150	174	87,05	150	174	87,05	150	173	87,13				
40		200	727	4,09	200	727	4,09	200	740	2,37				
41		250	1370	33,43	250	1370	33,43	250	1137	44,75				
42	8	50	104	-10,64	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
43		100	126	87,57	100	126	87,57	100	125	87,67				
44		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13				
45		200	480	36,68	200	480	36,68	200	740	2,37				
46		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75				
47	9	50	88	6,38	50	88	6,38	50	101	-7,45				
48		100	146	85,60	100	146	85,60	100	125	87,67				
49		150	196	85,42	150	196	85,42	150	173	87,13				
50		200	475	37,34	200	475	37,34	200	740	2,37				
51		250	1175	42,91	250	1175	42,91	250	1137	44,75				
52	10	50	94	0,00	50	94	0,00	50	101	-7,45				
53		100	434	57,20	100	434	57,20	100	125	87,67				
54		150	500	62,80	150	500	62,80	150	173	87,13				
55		200	438	42,22	200	438	42,22	200	740	2,37				
56		250	1641	20,26	250	1641	20,26	250	1137	44,75				
57		MÉDIA:	466	55,75	MÉDIA:	466	55,75	MÉDIA:	455	56,80				

ND400

1	Rede:	ND												
2	Budget	400												
3														
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor	
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria				
6														
7	1	50	104	-10,64	50	104	-10,64	50	101	-7,45		50	94	
8		100	126	87,57	100	126	87,57	100	125	87,67		100	1014	
9		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13		150	1344	
10		200	480	36,68	200	480	36,68	200	740	2,37		200	758	
11		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75		250	2058	
12	2	50	88	6,38	50	88	6,38	50	101	-7,45		MÉDIA:		1054
13		100	137	86,49	100	137	86,49	100	125	87,67				
14		150	453	66,29	150	453	66,29	150	173	87,13				
15		200	469	38,13	200	469	38,13	200	740	2,37				
16		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75				
17	3	50	89	5,32	50	89	5,32	50	101	-7,45				
18		100	140	86,19	100	140	86,19	100	125	87,67				
19		150	215	84,00	150	215	84,00	150	173	87,13				
20		200	475	37,34	200	475	37,34	200	740	2,37				
21		250	1349	34,45	250	1349	34,45	250	1137	44,75				
22	4	50	90	4,26	50	90	4,26	50	101	-7,45				
23		100	133	86,88	100	133	86,88	100	125	87,67				
24		150	446	66,82	150	446	66,82	150	173	87,13				
25		200	468	38,26	200	468	38,26	200	740	2,37				
26		250	943	54,18	250	943	54,18	250	1137	44,75				
27	5	50	88	6,38	50	88	6,38	50	101	-7,45				
28		100	146	85,60	100	146	85,60	100	125	87,67				
29		150	196	85,42	150	196	85,42	150	173	87,13				
30		200	475	37,34	200	475	37,34	200	740	2,37				
31		250	1175	42,91	250	1175	42,91	250	1137	44,75				
32	6	50	96	-2,13	50	96	-2,13	50	101	-7,45				
33		100	156	84,62	100	156	84,62	100	125	87,67				
34		150	428	68,15	150	428	68,15	150	173	87,13				
35		200	473	37,60	200	473	37,60	200	740	2,37				
36		250	1119	45,63	250	1119	45,63	250	1137	44,75				
37	7	50	104	-10,64	50	104	-10,64	50	101	-7,45				
38		100	126	87,57	100	126	87,57	100	125	87,67				
39		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13				
40		200	480	36,68	200	480	36,68	200	740	2,37				
41		250	1101	46,50	250	1101	46,50	250	1137	44,75				
42	8	50	88	6,38	50	88	6,38	50	101	-7,45				
43		100	146	85,60	100	146	85,60	100	125	87,67				
44		150	196	85,42	150	196	85,42	150	173	87,13				
45		200	475	37,34	200	475	37,34	200	740	2,37				
46		250	1175	42,91	250	1175	42,91	250	1137	44,75				
47	9	50	92	2,13	50	92	2,13	50	101	-7,45				
48		100	135	86,69	100	135	86,69	100	125	87,67				
49		150	437	67,49	150	437	67,49	150	173	87,13				
50		200	463	38,92	200	463	38,92	200	740	2,37				
51		250	1401	31,92	250	1401	31,92	250	1137	44,75				
52	10	50	93	1,06	50	93	1,06	50	101	-7,45				
53		100	396	60,95	100	396	60,95	100	125	87,67				
54		150	217	83,85	150	217	83,85	150	173	87,13				
55		200	474	37,47	200	474	37,47	200	740	2,37				
56		250	1515	26,38	250	1515	26,38	250	1137	44,75				
57		MÉDIA:	445	57,78	MÉDIA:	445	57,78	MÉDIA:	455	56,80				

ND500

1	Rede:	ND											
2	Budget	500											
3													
4	Alterado:	Baseline			IRACE			SMAC			Original:	Qnt. Veículos	Valor
5		Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria	Qnt. Veículos	Valor	% melhoria		50	94
6												100	1014
7	1	50	104	-10,64	50	95	-1,06	50	101	-7,45		150	1344
8		100	126	87,57	100	127	87,48	100	125	87,67		200	758
9		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13		250	2058
10		200	480	36,68	200	486	35,88	200	740	2,37		MÉDIA: 1054	
11		250	1101	46,50	250	864	58,02	250	1137	44,75			
12	2	50	88	6,38	50	104	-10,64	50	101	-7,45			
13		100	137	86,49	100	127	87,48	100	125	87,67			
14		150	453	66,29	150	181	86,53	150	173	87,13			
15		200	469	38,13	200	466	38,52	200	740	2,37			
16		250	1101	46,50	250	1110	46,06	250	1137	44,75			
17	3	50	96	-2,13	50	104	-10,64	50	101	-7,45			
18		100	156	84,62	100	127	87,48	100	125	87,67			
19		150	428	68,15	150	181	86,53	150	173	87,13			
20		200	473	37,60	200	466	38,52	200	740	2,37			
21		250	1119	45,63	250	1110	46,06	250	1137	44,75			
22	4	50	88	6,38	50	104	-10,64	50	101	-7,45			
23		100	137	86,49	100	127	87,48	100	125	87,67			
24		150	453	66,29	150	181	86,53	150	173	87,13			
25		200	469	38,13	200	466	38,52	200	740	2,37			
26		250	1101	46,50	250	1110	46,06	250	1137	44,75			

27	5	50	90	4,26	50	97	-3,19	50	101	-7,45			
28		100	133	86,88	100	175	82,74	100	125	87,67			
29		150	446	66,82	150	250	81,40	150	173	87,13			
30		200	468	38,26	200	458	39,58	200	740	2,37			
31		250	943	54,18	250	1113	45,92	250	1137	44,75			
32	6	50	88	6,38	50	90	4,26	50	101	-7,45			
33		100	146	85,60	100	133	86,88	100	125	87,67			
34		150	196	85,42	150	453	66,29	150	173	87,13			
35		200	475	37,34	200	462	39,05	200	740	2,37			
36		250	1175	42,91	250	1153	43,97	250	1137	44,75			
37	7	50	95	-1,06	50	95	-1,06	50	101	-7,45			
38		100	129	87,28	100	127	87,48	100	125	87,67			
39		150	184	86,31	150	184	86,31	150	173	87,13			
40		200	479	36,81	200	486	35,88	200	740	2,37			
41		250	1151	44,07	250	864	58,02	250	1137	44,75			
42	8	50	88	6,38	50	104	-10,64	50	101	-7,45			
43		100	146	85,60	100	127	87,48	100	125	87,67			
44		150	196	85,42	150	181	86,53	150	173	87,13			
45		200	475	37,34	200	466	38,52	200	740	2,37			
46		250	1175	42,91	250	1110	46,06	250	1137	44,75			

47	9	50	88	6,38	50	97	-3,19	50	101	-7,45			
48		100	137	86,49	100	175	82,74	100	125	87,67			
49		150	453	66,29	150	250	81,40	150	173	87,13			
50		200	469	38,13	200	458	39,58	200	740	2,37			
51		250	1101	46,50	250	1113	45,92	250	1137	44,75			
52	10	50	101	-7,45	50	97	-3,19	50	101	-7,45			
53		100	125	87,67	100	457	54,93	100	125	87,67			
54		150	173	87,13	150	195	85,49	150	173	87,13			
55		200	740	2,37	200	473	37,60	200	740	2,37			
56		250	1137	44,75	250	909	55,83	250	1137	44,75			
57		MÉDIA:	431	59,06	MÉDIA:	401	61,90	MÉDIA:	455	56,80			

Agora que todas as planilhas foram compartilhadas, vamos fazer alguns comentários sobre o que foi encontrado.

Primeiramente, a coisa mais nítida que podemos reparar é na disparidade entre as redes OW e ND. Enquanto a maioria dos resultados da rede ND foram positivos, tendo poucas incidências de piora, em relação à rede original, as perturbações da rede OW foram muito mais variadas, tendo várias tentativas que ocasionaram em pioras, para algumas quantidades de carros em específico.

As poucas vezes em que a rede ND alterada foi pior do que o grafo original, foram todas em quantidades de 50 carros. Essas pioras não foram muito significativas, mas demonstram que alguns carros ficaram parados mais tempo em regiões alteradas. Acreditamos que isso ocorreu por causa de ser uma quantidade de carros baixa e essas oscilações foram relativamente pequenas.

Enquanto isso, na rede OW, existiram mais incidências de casos onde houve uma piora, em relação à rede original. Mesmo que existam mais ocorrências de pequenas variações de piora, em média, os resultados foram positivos e trouxe sim uma melhoria quanto à rede original. Provavelmente isso ocorreu devido ao fato da rede OW ser mais complexa, do que a ND, e, por isso, o budget não deve ter sido alto o suficiente para ter melhorias mais significativas.

Agora analisando os algoritmos individualmente, a gente já começa percebendo que a *baseline* teve um desempenho muito melhor do que o esperado. Em breve serão comentadas mais detalhadamente essas alterações, mas a reflexão inicial sobre esse alto desempenho da *baseline* é um raciocínio importante. Aparentemente essa comparação entre a *baseline* com o *Irace* e o SMAC, pode ser relacionada com o tamanho dos grafos. Não foram escolhidos grafos muito complexos da literatura, e por ser uma aplicação mais simples, provavelmente isso resultou em valores menos significativamente diferentes.

Agora vamos para a análise dos algoritmos mais detalhadamente. Começando pelo SMAC, ele apresentou uma característica de ser muito determinística. Para começar, em todos os *budgets* da ND ele teve exatamente os mesmos resultados, em todas as execuções, assim como os três menores *budgets* da OW, que também tiveram os mesmos resultados. Para

OW400 e OW500 existiram valores diferentes entre si, mas todas as 10 execuções para cada uma dessas instâncias tiveram os mesmos valores. A única teoria plausível para essa mudança entre as diferentes versões da OW foi que elas foram executadas por computadores diferentes. Não tivemos tempo o suficiente para fazer uma análise mais detalhada devido ao tempo restante do trabalho, após os algoritmos serem finalizados e a parte de implementação do projeto ser completa. Apesar disso, em apenas uma das 5 instâncias ND, o SMAC não teve o melhor dos desempenhos, Enquanto isso, nas instâncias da OW, apenas nas OW400 e OW500 o SMAC apresentou um resultado melhor do que os outros algoritmos.

Enquanto o *baseline* e o *Irace*, eles tiveram resultados incrivelmente parecidos, no geral. Para quase todas as instâncias eles obtiveram resultados similares, onde às vezes um ou o outro tinham um resultado melhor, o outro sempre ficava com valores similares. Pelo menos em grafos pequenos, não aparenta existir uma diferença significativa entre os algoritmos, mas, o *baseline* acabou saindo com uma vantagem quanto ao *Irace*. As diferenças entre eles não foram significativas, mas a velocidade de execução do *baseline* acabou por ser mais rápida, então, é significativamente melhor o uso do *baseline* em uma aplicação pequena, como esses grafos que não tem mais do que 15 vértices.

Dito tudo isso, esses foram os ranqueamentos gerados pelos algoritmos:

	A	B	C	D
1		Ranking		
2	Instância	BASELINE	IRACE	SMAC
3	ND100	2	3	1
4	ND200	3	2	1
5	ND300	3	2	1
6	ND400	2	3	1
7	ND500	2	1	3
8	OW100	3	1	2
9	OW200	3	1	2
10	OW300	1	2	3
11	OW400	2	3	1
12	OW500	3	2	1

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

GRAMVROS, Ioannis et al. **Heuristic Search for Network Design**. Washington, D.C. University of Maryland.

JOHNSTON, D. S et al. **The complexity of Network Design**. 1978.

WONG, Richard. **A survey of Network Design**. 2004.

HOSSEININASAB, Amin. **The Continuous Time Service Network Design Problem**. Canadá. Ontario. 2015

RAGHAVAN, S. **Formulation and Algorithms for NetWork Design With Connective Requirements**. Massachusetts. Massachusetts Institute of Technology. 1995.