

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**BRUNO SOARES LEITE**

**ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL QUE  
SIMULE O TRÂNSITO DE VEÍCULOS EM UM  
CRUZAMENTO DE GRANDE MOVIMENTAÇÃO EM  
GOVERNADOR VALADARES/MG**

**Governador Valadares**

**nov de 2018**

**BRUNO SOARES LEITE**  
**bruno.soares00@hotmail.com.**

**ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL QUE  
SIMULE O TRÂNSITO DE VEÍCULOS EM UM  
CRUZAMENTO DE GRANDE MOVIMENTAÇÃO EM  
GOVERNADOR VALADARES/MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Heitor Cardoso de Brito

**Governador Valadares**  
**nov de 2018**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS  
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES  
COLEGIADO DE CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Av. Minas Gerais, nº 5.189, Ouro Verde, Governador Valadares, CEP: 35057-760, Estado de Minas Gerais



## ANEXO V – ATA DE DEFESA

Aos 29 dias do mês de novembro de 2018, às 18:00, no Laboratório Integrado de Cartografia, Desenho Técnico e Metrologia deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso elaborado pelo aluno Bruno Soares, intitulado **Elaboração de um Modelo Computacional que Simule o Trânsito de Veículos em um Cruzamento de Grande Movimentação em Governador Valadares/MG**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores Heitor Cardoso de Brito (orientador), Kalid Antunes Costa e Tatielle Menolli Longhini.

A comissão examinadora deliberou pela **APROVAÇÃO** do aluno, com a nota 94,7. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo aluno.

*Heitor Cardoso de Brito*

Heitor Cardoso de Brito (orientador)

*Kalid Antunes Costa*

Kalid Antunes Costa (convidado)

*Tatielle Menolli Longhini*

Tatielle Menolli Longhini (convidada)

*Bruno Soares Leite*

Bruno Soares Leite (aluno)

## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado **Elaboração de um Modelo Computacional que Simule o Trânsito de Veículos em um Cruzamento de Grande Movimentação em Governador Valadares/MG** é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

Governador Valadares, 29 de novembro de 2018

*Bruno Soares Leite*

---

Bruno Soares Leite



Dedico esta conquista ao  
meu pai: Osvaldo Silva Leite

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter concedido a benção de poder fazer uma graduação. Agradeço ao meu pai por garantir, com todos os sacrifícios feitos, que eu pudesse fazer esse curso.

Agradeço ao meu professor orientador Heitor por todo auxílio e que se não fosse, este trabalho não teria sido realizado.

Agradeço a todos os mestres que tive a honra de poder aprender com eles. Provavelmente não me lembrarei de todos, porém cito os professores: Djalma, Débora, Thalita Rabelo, Thaís, Willerson, João Eustáquio, Sandro, Neuber, Valcimar, Carlos, Kalid, Rodrigo, Heriston, Aluízio, Ângelo e Marcelo.

Agradeço também aos amigos e colegas que fiz nesses cinco anos de curso. Provavelmente não me lembrarei de todos também, por isso, cito somente os da minha turma: Douglas, Albano, Rafael, Marília, Messias, Bruna, Juliana, Jayne, Hugo, Saulo, Cícero, Samuel, Marcos Vinicius, Eleni, Joyce, Tayna, Camilla, Bárbara, Nathany, Samara Alves, Samara Oliveira, Jeferson, Grasielle, Lucas Gomes, Lucas Paulino, Wandson e claro a esse cara incrível que tive a honra de conhecer, Guilherme, uma pessoa sensacional, amigo, que ajudava a todos sem qualquer tipo de interesse. Guilherme, muito obrigado amigo.

*“Que a Escola de Minas  
nunca perca seu caráter ... e se  
esforce sempre por não se  
afastar de suas divisas.”*

**Claude Henri Gorceix**

## RESUMO

LEITE, Bruno Soares. O uso da simulação computacional como ferramenta de apoio à construção de um modelo de representação do trânsito em um cruzamento de grande movimentação de veículos da cidade de Governador Valadares/MG, 2018. (Graduação em Engenharia de Produção). Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Governador Valadares.

Este trabalho é resultado de um estudo desenvolvido com a intenção de realizar um modelo de um cruzamento com sinalização semafórica na cidade de Governador Valadares durante o período de 07:00 às 09:00 horas com o *software* Arena. Este trabalho, também, pretende realizar uma animação em duas dimensões do cruzamento no próprio Arena. Outra etapa é desenvolver, com a técnica IDEF-SIM, o modelo conceitual de cada semáforo com a função de facilitar a caracterização do mesmo. Por fim, o estudo pretende servir de modelo para futuros projetos que utilizam o programa Arena em estudos de tráfego de veículos.

**Palavras-chave:** Arena; Semáforo; dados; trânsito; animação.

## **ABSTRACT**

*This work is the result of a study developed with the intention of realizing a model of a crossing with traffic light signaling in the city of Governador Valadares during the period of 07:00 to 09:00 hours with the Arena software. This work also intends to perform a animation in two dimensions of the crossing in the Arena itself. Another step is to develop, with the IDEF-SIM technique, the conceptual model of each traffic light with the function of facilitating its characterization. Finally, the study intends to serve as a model for future projects that use the Arena program in vehicle traffic studies.*

**Key-words:** *Arena; traffic light; data; Traffic; animation.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas de um estudo de modelagem e simulação	31
Figura 2	Classificação dos sistemas para modelagem	32
Figura 3	Simbologia da técnica IDEF-SIM	36
Figura 4	Módulos utilizados na modelagem do trabalho	38
Figura 5	Ilustração do cruzamento em estudo	43
Figura 6	Tempos em segundos dos semáforos	45
Figura 7	Representação do fluxo nos Semáforos 1 e 2 com a técnica IDEF-SIM	46
Figura 8	Representação do fluxo nos Semáforos 3 e 4 com a técnica IDEF-SIM	47
Figura 9	Representação do fluxo no Semáforo 5 com a técnica IDEF-SIM	48
Figura 10a	Programação para chegada de veículos que saem do Mergulhão parte 1	58
Figura 10b	Programação para chegada de veículos que saem do Mergulhão parte 2	59
Figura 10c	Início da programação do percurso dos veículos que vêm do Mergulhão	60
Figura 10d	Continuação da programação de veículos que saem do Mergulhão	61
Figura 10e	Finalização da programação da saída do Mergulhão	62
Figura 11a	Início da programação da rua Sete de Setembro para os semáforos 3 e 4	63
Figura 11b	Início da programação do percurso dos veículos na rua Sete de Setembro	64
Figura 11c	Programação de parada dos veículos nos semáforos 3 e 4 na rua Sete de Setembro	65
Figura 11d	Finalização da programação na rua Sete de Setembro	66
Figura 12a	Início da programação no sentido Praça Serra Lima – semáforo 5	68
Figura 12b	Início da programação do percurso dos veículos vindos da Praça Serra Lima	69
Figura 12c	Programação das paradas do semáforo 5 na avenida Minas Gerais	70
Figura 12d	Finalização da programação para veículos vindos da Praça Serra Lima	71
Figura 13	Programação do semáforo 1	72
Figura 14	Configuração bloco <i>Decide 7</i>	73
Figura 15	Configuração bloco <i>Decide 8</i>	73
Figura 16	Configuração bloco <i>Decide 9</i>	74
Figura 17	Programação do semáforo 2	75
Figura 18a	Programação do semáforo 3	76
Figura 18b	Programação do semáforo 3	77

Figura 19	Programação do semáforo 4	78
Figura 20	Programação do semáforo 5	79
Figura 21	Animação 2D do cruzamento sem estar simulando	80
Figura 22	Objeto <i>Station</i>	81
Figura 23	Primeiro bloco <i>Station</i> do semáforo 2	82
Figura 24	Objeto <i>Route</i>	83
Figura 25	Barra de ferramentas do Arena	83
Figura 26	Aba <i>Resouce</i>	84
Figura 27	Aba <i>Resouce</i> associada com o tempo luminoso verde do semáforo 2	85
Figura 28	Bloco <i>Process</i> do tempo luminoso verde do semáforo 2	86
Figura 29	Biblioteca de imagens	87
Figura 30	Imagens do modelo em estudo para os veículos	88
Figura 31	Processo de construção dos grupos de imagens do modelo, opção <i>Set</i>	89
Figura 32	Configuração dos grupos definidos no modelo	89
Figura 33	Configuração dos grupos definidos no modelo na área <i>Members</i>	90
Figura 34	Configuração do bloco <i>Assign</i> para carros do semáforo 2	91
Figura 35	Configuração do bloco <i>Assign</i> para ônibus do semáforo 2	91
Figura 36	Configuração do bloco <i>Assign</i> para caminhão do semáforo 2	92
Figura 37	Modelo do cruzamento executado no programa Arena	92
Figura 38	Configuração numérica para a fila do semáforo 2	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Frota de veículos e de automóveis no Brasil e no município de Governador Valadares	19
Tabela 2	Total de veículos que trafegaram no período de 07:00 às 09:00 horas	49
Tabela 3	Quantidade de veículos transitando na avenida Minas Gerais e vindos do Mergulhão entre 07:00 e 09:00 horas	50
Tabela 4	Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão-Centro	51
Tabela 5	Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas	51
Tabela 6	Modelo geral do fluxo de veículos que passa pelo Mergulhão e se depara com os semáforos 1 e 2	52
Tabela 7	Quantidade de veículos vindos da rua Sete de Setembro das 07:00 às 09:00 horas	52
Tabela 8	Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na rua Sete de Setembro	53
Tabela 9	Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas	54
Tabela 10	Modelo geral do fluxo de veículos que passa pela rua Sete de Setembro e se depara com os semáforos 3 e 4	54
Tabela 11	Quantidade de veículos transitando na avenida Minas Gerais e vindos da Praça Serra Lima entre 07:00 e 09:00 horas	55
Tabela 12	Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão	55
Tabela 13	Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão	55
Tabela 14	Modelo geral do fluxo de veículos que passa pela avenida Minas Gerais e se depara com o semáforo 5	55
Tabela 15	Quantidades e percentuais de utilização de cada meio de transporte de acordo com os semáforos analisados no cruzamento	57



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Consequências da instalação de semáforos indicação técnica e projeto	23
Quadro 2	Descrição das funções dos semáforos no cruzamento estudado	44

## **ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES**

DENATRAN Departamento Nacional de Trânsito

18

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO .....	16
1.1	Formulação do Problema.....	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Objetivos .....	19
1.3.1	Objetivo Geral .....	19
1.3.2	Objetivos Específicos .....	19
1.4	Estrutura do Trabalho .....	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	21
2.1	Mobilidade Urbana.....	21
2.1.1	Semáforos .....	22
2.1.2	Congestionamento .....	22
2.2	Engenharia de Produção .....	25
2.2.1	Pesquisa Operacional .....	27
2.2.1.1	Simulação Computacional.....	28
2.2.1.1.1	Classificação dos Modelos de Simulação.....	31
2.2.1.1.2	Vantagens e Desvantagens da Simulação.....	32
2.2.1.1.3	Simulação Conceitual .....	34
2.2.1.1.4	Software Arena .....	36
3.	METODOLOGIA .....	38
3.1	Classificação da Pesquisa.....	38
3.2	Metodologia do Projeto de Pesquisa .....	42
3.3	Considerações Finais .....	41
4	ESTUDO DE CASO .....	42
4.1	Caracterização do Cruzamento Semafórico .....	42
4.2	Modelo Conceitual .....	44
4.3	Coleta de Dados.....	47

4.3.1	Dados coletados de veículos na avenida Minas Gerais, vindos do Mergulhão.....	48
4.3.2	Dados coletados de veículos vindos da rua Sete de Setembro .....	51
4.3.3	Dados coletados de veículos na avenida Minas Gerais, vindos da Praça Serra Lima	53
4.4	Detalhamento do Modelo .....	56
4.5	Implementação do modelo no <i>software</i> Arena.....	56
4.5.1	Modelo para veículos que saem do Mergulhão em direção aos semáforos 1 e 2.....	56
4.5.2	Modelo para a rua Sete de Setembro.....	62
4.5.3	Modelo para a avenida Minas Gerais de veículos vindos da Praça Serra Lima.....	66
4.5.4	Programação dos semáforos .....	70
4.5.4.1	Semáforo 1 .....	70
4.5.4.2	Semáforo 2 .....	74
4.5.4.3	Semáforo 3 .....	75
4.5.4.4	Semáforo 4 .....	76
4.5.4.5	Semáforo 5 .....	77
4.5.5	Animação do cruzamento .....	79
5	RESULTADOS E ANÁLISES .....	93
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	94
	REFERÊNCIAS .....	96
	ANEXOS .....	101

## 1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Ocorre anualmente um aumento natural no número de veículos automotores nas vias das cidades brasileiras e com isso há a necessidade de se regular cada vez mais o fluxo desses veículos. Oliveira *et al.* (2010) explica que devido a esse aumento no número de veículos, a regulação deve garantir a segurança dos motoristas e pedestres com base na legislação de trânsito vigente. Porém, ainda há muitos problemas de mobilidade urbana nas cidades por causa do aumento no número de veículos e como consequência ocorre os congestionamentos.

A simulação computacional é a ferramenta deste estudo e tem sido utilizada, cada vez mais, para representar sistemas e cenários em que os analistas buscam compreender e tomar decisões. Segundo Gomes Neto, Oliveira e Andrade (2014), a modelagem e a simulação são ferramentas que tem por objetivo compreender processos e sistemas, além de identificar gargalos, otimizar e simular cenários.

Este estudo procura desenvolver um modelo aplicando a técnica da simulação computacional, utilizando como ferramenta o *software* Arena para auxiliar pesquisadores interessados no seu emprego, análise das influências e testes de tempos de semáforos em cruzamentos. O estudo de caso envolverá a construção de todo o modelo computacional e o processo de animação em duas dimensões, facilitando assim a sua visualização. O modelo será aplicado em um cruzamento com sinalização semaforica em horário de pico no centro da cidade de Governador Valadares/MG.

Este capítulo contextualiza a questão abordada neste trabalho com a formulação do problema, além de apresentar a justificativa e os objetivos que este trabalho busca alcançar e, por fim, apresenta a estrutura em que se divide o trabalho.

### 1.1. Formulação do Problema

De acordo com os números divulgados pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), em dezembro de 2015 o Brasil contava com uma frota de mais de 90 milhões de veículos e em dezembro de 2016 com uma frota de mais 93 milhões de veículos, um aumento de 3,5% da frota nacional. Leite, Lopes e Barreiro (2015) explicam que devido à facilidade em adquirir um novo automóvel, há como consequência um aumento no número de veículos nas vias e aumento nos congestionamentos nas cidades brasileiras.

Em relação às obstruções geradas nas pistas nas cidades brasileiras, a maioria da formação de congestionamentos de veículos ocorrem principalmente em horários de pico

devido à maior concentração desses automotores nas principais vias dos médios e grandes centros urbanos. A ocorrência dos engarrafamentos contribui para o surgimento de diversos problemas de ordem econômica e ambiental, como prejuízos causados pelo tempo parado no trânsito, pelo aumento dos níveis de poluição, dentre outros, além de influenciar a qualidade de vida dos cidadãos como explicado por Leite, Lopes e Barreiro (2015). Ainda segundo os autores um dos fatores que mais podem influenciar no rendimento dos trabalhadores são as dificuldades encontradas no trajeto de suas casas para seus locais de trabalhos.

Conforme afirmado por Ferras e Torres (2004, *apud* Leite; Lopes; Barreiro, 2015), o crescente aumento na utilização de automóveis teve como consequência o surgimento de diversos problemas como congestionamentos, tempo de viagens maiores, elevação no número de acidentes, aumento da poluição atmosférica, aumento dos gastos com investimentos no sistema viário e aumento principalmente no consumo de energia de derivados do petróleo.

Na cidade mineira de Governador Valadares também houve um aumento na frota de veículos. Segundo o DENATRAN, o número de automotores em dezembro de 2015 era mais de 124 mil e em dezembro de 2016 essa quantia passou para um pouco mais de 129 mil – isto é, um aumento de 3,6% na frota valadarense.

Com isso, no cruzamento da Avenida Minas Gerais com a Rua Sete de Setembro na cidade de Valadares, constantemente em horário de pico, ocorre dos veículos permanecerem parados no trânsito por mais de um ciclo de semáforo (tempo vermelho, verde e amarelo), isso, devido os tempos dos semáforos. Isso pode gerar consequências para os condutores como o estresse, aumento da poluição e outros. Dados esses problemas, surge a seguinte pergunta: como proceder para reduzir as filas e otimizar o trânsito no cruzamento?

## **1.2. Justificativa**

A Tabela 1 mostra o aumento do número de veículos (automóveis, motocicletas, ônibus etc.) e de automóveis – esta última, em especial – ao longo dos anos de 2014 a 2016.

**Tabela 1** – Frota de veículos e de automóveis no Brasil e no município de Governador Valadares

Veículos automotores	Dez/2014 n	Mês/Ano		Dez/2016 n (%)
		Dez/2015 n (%)		
<b>Frota nacional</b>				
Veículos	86.700.490	90.686.936	(+4,6)*	93.867.016 (+3,5)*
Automóveis	47.946.665	49.822.709	(+3,9)*	51.296.982 (+3,0)*
<b>Governador Valadares/MG</b>				
Veículos	118.977	124.682	(+4,8)*	129.178 (+3,6)*
Automóveis	54.540	56.669	(+3,9)*	58.039 (+2,4)*

Fonte: Elaboração própria com dados do DENATRAN.

\* Percentual de aumento em relação ao ano anterior.

Na Tabela 1, ao se analisar os dados divulgados pelo DENATRAN, percebe-se que a frota nacional tanto de veículos como de automóveis tem sofrido aumentos em suas quantidades do ano de 2014 para o ano de 2016. Nota-se também que a cidade de Governador segue o mesmo padrão de crescimento.

Em relação à frota de automóveis, devido ao grande número de concessionárias, de 2014 para 2016 o Brasil registrou um aumento de 7,0% ao passo que em Governador Valadares o número de emplacamentos aumentou 6,4%. Esse aumento pode gerar problemas de mobilidade urbana e abre espaço para o desenvolvimento de estudos que apresentem métodos para solucionar ou amenizar o impacto dessas inconveniências nas cidades.

Com isso, a realização de projetos que amenizem os impactos do aumento da frota de veículos na vida dos brasileiros nos centros urbanos passaram a ser necessários e até mesmo estratégicos para a mobilidade urbana.

Dada essa necessidade e, ao cursar a disciplina de Simulação Computacional, vislumbrou-se a possibilidade de verificar se a técnica de simulação poderia realmente contribuir para amenizar não somente o *stress* causado no trânsito como também melhorar o fluxo de veículos em um importante cruzamento da cidade valadarense.

Dada a grande complexidade desse trabalho, o seu desenvolvimento pretende servir como um documento que auxilie pesquisadores na continuidade do estudo e na elaboração projetos voltados à engenharia de trânsito com a técnica da simulação computacional, visto que há uma escassez de estudos com essa temática.

Segundo Shannon (1975, *apud* VIEIRA, 2006) a simulação computacional é definida como um programa de computador em que as variáveis apresentam o mesmo comportamento do sistema real. Freitas Filho (2008) explica que diversos analistas como engenheiros,

administradores, técnicos, biólogos etc., estão utilizando cada vez mais a simulação para verificar e encaminhar soluções de problemas lidados diariamente.

Vale a pena ressaltar que o objetivo da construção desse trabalho é mostrar o passo-a-passo para se elaborar um modelo computacional que simule um cruzamento semafórico no *software* Arena, onde, futuramente, outros pesquisadores possam analisar o impacto dos tempos dos semáforos em função do fluxo de veículos e formação de congestionamentos.

### **1.3. Objetivos**

Este capítulo traz a explanação dos objetivos geral e específicos a serem tratados para solucionar o problema de pesquisa abordado.

#### ***1.3.1. Objetivo Geral***

Elaborar um modelo computacional para o desenvolvimento de projetos de simulação de cruzamentos com sinalização semafórica no *Software* Arena, utilizando como aplicação o cruzamento sinalizado da rua Sete de Setembro com a Avenida Minas Gerais na cidade de Governador Valadares/MG, em horário de pico das 07:00 às 09:00 horas.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

Os objetivos específicos são:

- Coletar dados reais a respeito do fluxo de veículos no cruzamento e dos tempos de cada um dos semáforos para a construção do modelo;
- Construir modelo conceitual do cruzamento;
- Construir o modelo virtual do cruzamento no *software* Arena;
- Fazer a animação em duas dimensões do modelo virtual, mostrando o trânsito dos automóveis e a sinalização semafórica;
- Montar um material que sirva de referência no desenvolvimento de futuros projetos com o Arena sobre tráfego de veículos, análise de tempos e implantação de semáforos, dentre outros.
- Recomendar, caso seja necessário, futuros estudos que visam aprimorar as funcionalidades dos semáforos garantindo o melhor fluxo de veículos.



#### 1.4. Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em seis capítulos principais. O capítulo 1 traz uma rápida contextualização do estudo assim como a formulação do problema, a justificativa para a elaboração do trabalho e os objetivos a serem alcançados.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica na qual o trabalho se respalda com base na literatura de diversos autores, dividindo-se em abordagens a respeito da mobilidade urbana e da engenharia de Produção. Na mobilidade urbana é apresentada sua importância e consequências na vida da população. Já na engenharia de Produção é apresentado as áreas de atuação da mesma e foco na pesquisa operacional, por ser essa a área em que esse trabalho se pauta. Em sequência, são apresentadas as ferramentas utilizadas para a realização do estudo (em suma, a simulação conceitual, com a técnica IDEF-SIM, e a simulação computacional, no *software* Arena).

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada no estudo, e traz a classificação da pesquisa com base em afirmações de diversos autores e seus aspectos metodológicos. Esse capítulo também traz o roteiro utilizado no estudo de caso com a finalidade de alcançar os objetivos geral e específicos traçados.

O estudo de caso propriamente dito é mostrado no capítulo 4

Em sequência o capítulo 5, que traz os resultados e as análises realizadas e, por fim, o capítulo 6, que trata das conclusões e recomendações.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda a fundamentação teórica a respeito dos conceitos relacionados à utilização da simulação computacional em cruzamentos semafóricos para o desenvolvimento do trabalho.

### 2.1. Mobilidade urbana

A mobilidade urbana tem se tornado um enorme problema para as grandes e médias cidades brasileiras. O uso cada vez maior de automóveis interfere diretamente no fluxo de tráfego. Como consequência, Magagnin e Silva (2008) explicam que o uso indiscriminado do automóvel, como meio de locomoção, causa o aumento, dos congestionamentos nas principais vias das cidades, do consumo de energia no setor de transportes, da poluição sonora e de gases poluentes.

Com o desenvolvimento constante das cidades, percebe-se um aumento na necessidade de mais investimentos e melhorias na mobilidade (CAMPOS, 2015 *apud* RAYMUNDO; REIS; LUZ, 2015). Para a definição de mobilidade, Magagnin e Silva (2008) a definiram como um atributo ligado ao deslocamento das pessoas nas suas diferentes atividades cotidianas, sejam elas, trabalho, lazer, estudo, etc.

Segundo Almeida, Giacomini e Bortoluzzi (2013), a mobilidade urbana compreende a infraestrutura urbana e suas vias e a facilidade das pessoas em se deslocar pela cidade com diferentes meios de locomoção. Ainda segundo os autores, para que uma cidade tenha uma boa mobilidade urbana, é necessário proporcionar as pessoas que o seu deslocamento seja confortável e ofereça segurança e ainda que seja em um tempo razoável. Para Silva *et al.*, (2015) a mobilidade urbana atualmente possui uma importância fundamental nas cidades quando tratamos da qualidade de vida dos cidadãos e de acordo com Scaringella (2015 *apud* RAYMUNDO; REIS; LUZ, 2015) um dos pontos que a mobilidade urbana precisa considerar é a relação entre a infraestrutura, os sistemas de transporte, a ocupação do solo, e a relação entre homens, vias e o meio ambiente.

De acordo com Evans (2005 *apud* SILVA *et al.*, 2015) e Ruberg (2007 *apud* SILVA *et al.*, 2015) a falta de um planejamento adequado dos centros urbano pode gerar diversos problemas para a sociedade como congestionamentos, poluição, prejuízos econômicos e estresse afetando a qualidade de vida da população.

### 2.1.1. Semáforos

Os semáforos estão presentes no dia a dia dos condutores e pedestres, segundo Ejzenberg (1994), como uma importante ferramenta de coordenação da locomoção nas vias das cidades. Por isso, os semáforos são instrumentos com um papel importante no combate aos congestionamentos nos centros urbanos. De acordo com a FHWA (2005 *apud* BEZERRA, 2018), a programação dos semáforos pode ter influência em seu desempenho impactando diretamente os congestionamentos, ainda explicam que isso impacta a fluidez e segurança do trânsito.

Um ponto importante é a elaboração adequada de um projeto, que com indicações técnicas, para a instalação dos semáforos nas vias urbanas. Caso estes pontos não sejam observados, podem ocasionar diversos problemas para o cruzamento e para a via que foram instalados. No quadro 1 é apresentado as consequências de um projeto adequado/inadequado de instalação de semáforos.

**Quadro 1 – Consequências da instalação de semáforos indicação técnica e projeto.**

<b>Projeto inadequado e sem indicação técnica</b>	<b>Projeto adequado e com indicação técnica</b>
Aumento da demora e do número de paradas; Redução da capacidade; Aumento da frequência de acidentes; Aumento nas violações das regras de trânsito; Utilização de rotas alternativas para evitar o semáforo, gerando problemas para as ruas de características locais.	Redução da demora e do número de paradas; Aumento da capacidade; Redução do tamanho das filas; Redução da frequência de acidentes; Redução da emissão de poluentes e do consumo de combustível.

Fonte: BEZERRA (2018, p. 3).

No Quadro 1 é possível verificar que projetos inadequados podem causar graves impactos no controle dos semáforos como o aumento da demora de parada dos veículos, aumento das violações das leis de trânsito e outros, em, contra partida, projetos adequados podem trazer diversos benefícios como a redução do tamanho da fila e redução da emissão de poluentes.

### 2.1.2. Congestionamento

Todos se preocupam com congestionamentos. São poucas as pessoas que conseguem lidar com a sensação de tempo perdido por estar parado em um congestionamento. Segundo

Hoffmann, Cruz e Alchieri (2011) as pessoas podem apresentar frustração, caso não tenham muita paciência, quando estão em congestionamentos ou engarrafamentos no trânsito ou também quando ocorre uma situação crítica.

À medida que os congestionamentos começam a se prolongar, e podendo em alguns anos os picos da manhã encontrarem com os da tarde, isso pode além de causar consequências na qualidade de vida das pessoas de aspecto econômico e social, também causar o travamento dos principais corredores das cidades (RESENDE; SOUSA, 2009).

Os congestionamentos além de poluírem o meio ambiente e provocar estresse nas pessoas, são um desperdício de dinheiro e tempo, e, em certas regiões, quando ocorrem de forma constante podem adicionar valor extra ao custo das mercadorias transportadas (RESENDE; SOUSA, 2009). Segundo Coyle, Bardi e Novack (2006 *apud* SILVA *et al.*, 2015) os custos dos congestionamentos são repassados à população e esses custos são devido o tempo perdido parado, o custo extra com combustível, a manutenção e depreciação dos veículos envolvidos e o custo da poluição.

Para definir congestionamento, Resende e Sousa (2009) explicam que, como as pessoas têm diferentes percepções sobre o tema não há uma definição universal. Porém para Downs (2004, *apud* RESENDE; SOUSA, 2009) e Bertini (2005 *apud* RESENDE; SOUSA, 2009), pode-se considerar uma via congestionada quando a velocidade média dos veículos estiver abaixo da velocidade permitida para a via.

Percebe-se que o aumento nos congestionamentos é devido ao aumento na frota de veículos por causa do desejo das pessoas em adquirir um transporte individual. Resende e Sousa (2009) explicam que essas pessoas preferem o transporte individual por causa do conforto, da rapidez, da privacidade e flexibilidade, diferente da experiência que teriam ao utilizar o transporte público.

Cristo (2012) explica que embora o automóvel, para muitos, seja símbolo de status, de prestígios, de poder, de liberdade e realização, é inegável que há serias consequências negativas como altos custos sociais e econômicos devido a acidentes, poluição atmosférica e congestionamentos. Como muitas pessoas nos congestionamentos estão indo para seus locais de trabalho ou retornando, o poder de influência causado pelas dificuldades entre esse trajeto é muito elevado.

Leite, Lopes e Barreiro (2015) explicam que o serviço de transporte público não é um sistema satisfatório e muito menos de qualidade para os passageiros e por isso, as pessoas que necessitam desse serviço podem apresentar como consequência: desgaste físico e mental,

fadiga, desconforto, cansaço, estresse, além de ter o desempenho comprometido na atividade laboral, irritação, insegurança, angústia e raiva.

Por isso, uma atividade que possui um papel importante nas cidades brasileiras é a gestão do tráfego urbano que, como explica Meneses (2003), vai desde a gestão operacional dos semáforos e das vias, ao planejamento de ações no trânsito como fiscalização e educação. Com isso, segundo Honorato (2009, p. 03 *apud* COSTA, 2015, p. 16) “A Engenharia de Tráfego é responsável pela segurança, fluidez do tráfego e evolução tecnológica dos veículos”, atuando na gestão do tráfego nas cidades.

## **2.2. Engenharia de Produção**

Com a revolução industrial tendo início na Inglaterra no século XVIII, os sistemas produtivos passam a ser mecanizados, Tavares e Oliveira Netto (2006) explicam que, isso teve como consequência o aumento dos lucros, a redução dos custos de operação e a aceleração da produção. Outro fator que os autores citam que teve influência no aumento da demanda por produtos, mercadorias e serviços foi o elevado crescimento populacional.

O período de desenvolvimento industrial ocorrido nos séculos XVIII, XIX e início do XX proporcionou grandes avanços tecnológicos. De acordo com Freitas (2014) pode-se considerar a revolução industrial como um marco significativo para o surgimento da engenharia de Produção devido a aparição da manufatura e da máquina-ferramenta. Segundo Tavares e Oliveira Netto (2006) devido ao crescimento econômico e industrial do período, teve início nos Estados Unidos da América a engenharia de Produção. Ainda, os autores explicam que, as primeiras corporações surgiram na expansão da rede ferroviária que geraram uma demanda crescente por produtos e serviços, estimulada pela expansão da produção.

Com o avanço tecnológico houve o surgimento de novos processos e técnicas voltadas à produção. Com isso, foi necessário que os profissionais relacionados ao processo produtivo nas organizações se qualificassem e, para isso, houve o surgimento de cursos para atender a essa necessidade. Segundo Tavares e Oliveira Netto (2006) os primeiros cursos surgiram nos Estados Unidos, sendo cursos de administração (business school) e cursos de engenharia industrial, aspirando à formação de profissionais voltados à gestão da produção que pudessem atender a essa nova demanda por profissionais qualificados. Os autores ainda revelam que os profissionais que eram formados naquela época possuíam uma formação mais tecnológica voltada à engenharia industrial, ao mesmo tempo nos cursos de administração era direcionada para a gestão de negócios, para o marketing, para as finanças e os recursos humanos. De

acordo com Leme (1983 *apud* FREITAS, 2014), a engenharia de Produção nasceu nos Estados Unidos de 1882 a 1912 após o surgimento da obra intitulada *Scientific Management* dos autores: Frederick W. Taylor, Frank e Lillian Gilbreth etc.

Os cursos de graduação e pós-graduação passaram a estudar o projeto do produto, os processos para a fabricação incluindo as instalações, todo o planejamento para investimentos, gestão da tecnologia e a análise de negócios expandindo o campo de atuação dos profissionais para toda a organização (TAVARES; OLIVEIRA NETTO, 2006).

Leme (1983 *apud* Freitas, 2014) explica que muitos consultores ao introduzir o *Scientific Management* nas empresas se intitulavam *industrial engineers* e por isso houve a criação da *industrial engineering*, assim denominada nos Estados Unidos a conhecida engenharia de Produção. Segundo Tavares e Oliveira Netto (2006) nos Estados Unidos e na Europa utiliza-se o nome engenharia industrial. Já no Brasil adota-se engenharia de Produção e não industrial para diferenciar os cursos do nível superior de engenharia dos cursos técnicos de nível médio voltado para as indústrias já preexistentes. Os autores ainda explicam que essa denominação foi adotada no Brasil com o propósito de adequar a formação com as atribuições do engenheiro.

A engenharia de Produção surgiu no Brasil em 1959 na escola politécnica da USP, onde o cenário vivido pelo país nesse período era o de forte crescimento industrial devido a instalação, no ABC paulista, de indústrias automobilísticas (TAVARES; OLIVEIRA NETTO, 2006).

Pode-se diferenciar o engenheiro de produção dos demais engenheiros pelo simples fato das demais especializações da engenharia focalizar um único elemento do sistema de produção. Com isso, Batalha (2008) explica que o engenheiro de produção precisa saber como estruturar um sistema de produção ao utilizar simultaneamente os materiais, os equipamentos, as informações, a energia e o pessoal. Ainda, o autor explica que é necessário que o engenheiro de produção conheça o essencial das áreas da engenharia e que seja capaz de analisar os elementos diferentes que a constitui.

As competências do engenheiro de produção são voltadas para a área tecnológica onde é ligada a área de gestão e administração (BATALHA, 2008). Tavares e Oliveira Netto (2006) explicam que a engenharia de Produção é o campo que trata da concepção, do projeto e do gerenciamento dos sistemas produtivos nas organizações, caracterizando-se pela junção entre os homens, os materiais, os equipamentos e o meio ambiente para o aumento da produtividade e qualidade dos bens e serviços ofertados. Segundo Batalha (2008) o profissional em engenharia de Produção projeta, implanta e aperfeiçoa, de maneira econômica, o sistema

produtivo que integra pessoas, informações, materiais, equipamentos e energia voltados para a produção dos bens e para a prestação dos serviços, sempre respeitando as diretrizes éticas e culturais.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO (2008), as áreas do conhecimento que se relaciona à engenharia de Produção são:

- A engenharia de operações e os processos da produção;
- A logística;
- A pesquisa operacional;
- A engenharia de qualidade;
- A engenharia do produto;
- A engenharia organizacional;
- A engenharia econômica;
- A engenharia do trabalho;
- A engenharia da sustentabilidade; e
- A educação em engenharia de Produção que é voltada para o estudo da ética e da prática profissional;

O profissional ao concluir seu curso de engenharia de Produção estará qualificado no exercício profissional e segundo Tavares e Oliveira Netto (2006) poderá atuar em projetos e na gestão de sistemas produtivos que abrangem as pessoas, os materiais, os equipamentos e o meio ambiente.

Este trabalho utiliza a simulação computacional, que é uma subárea da pesquisa operacional, como ferramenta para a realização do estudo.

### ***2.2.1 Pesquisa operacional***

A pesquisa operacional originou-se na Segunda Guerra Mundial onde os aliados enfrentaram vários problemas de ordem estratégica, tática e logística. Segundo Tavares e Oliveira Netto (2006) esses problemas eram complexos e para serem solucionados os aliados contavam com o apoio de diversos especialistas como engenheiros, físicos, cientistas sociais e matemáticos. Os autores ainda explicam que esses profissionais foram capazes de desenvolver modelos matemáticos com base em dados e fatos para simular e qualificar o resultado presumido de estratégias para auxiliar na tomada de decisão.

Foi durante a Segunda Guerra Mundial que o termo “pesquisa operacional” foi usado pela primeira vez, esse termo surgiu a partir do momento em que os pesquisadores buscaram desenvolver procedimentos e técnicas para a solução de problemas enfrentados nas operações militares. O sucesso foi grande que acadêmicos e organizações procuraram utilizar essas aplicações para os problemas de administração (ANDRADE, 2014).

A engenharia industrial passa a receber grande importância após o surgimento da pesquisa operacional durante a metade do século XX, pois a pesquisa operacional (em inglês, *operations research*) utiliza o método científico para a modelagem e a otimização dos mais diversos problemas logísticos, esse método foi bastante utilizado na Segunda Guerra Mundial. Após o fim dessa guerra os métodos de modelagem e otimização criados para as operações militares foram incluídos aos currículos da engenharia industrial (TAVARES; OLIVEIRA NETTO, 2006).

Segundo Dávalos (2002) a pesquisa operacional é uma ciência aplicada que visa à melhoria do desempenho das organizações e utiliza-se de computadores para buscar soluções por meio da criação de modelos matemáticos. Para Tavares e Oliveira Netto (2006) a pesquisa operacional, é uma ciência que procura solucionar problemas reais auxiliando na tomada de decisão, utiliza-se de diversas ideias e técnicas empregadas por outras áreas voltadas à formulação, para o planejamento ou à operação de sistemas, para atingir os seus objetivos.

A pesquisa operacional caracteriza-se pelo emprego de métodos científicos avaliados por equipes pluridisciplinares para estabelecer o melhor método para utilização dos recursos e às atividades da organização (ANDRADE, 2014).

De acordo com a ABEPRO (2008), a pesquisa operacional utiliza modelos matemáticos, que normalmente são realizados computacionalmente, para a resolução de problemas reais que envolvem situações onde é necessária a tomada de decisão. A referida associação ainda menciona a respeito das áreas que compõem a pesquisa operacional, a saber:

- Modelagem, simulação e otimização;
- Programação matemática;
- Processos decisórios;
- Processos estocásticos;
- Teoria dos jogos;
- Análise de demanda;
- Inteligência computacional.



Para Tavares e Oliveira Netto (2006, p. 13) a pesquisa operacional faz uso dos conhecimentos de “programação matemática, decisão multicritério, processos estocásticos, simulação teórica da decisão e teoria dos jogos, series temporais, pesquisa operacional soft e inteligência computacional (redes neurais, lógica nebulosa e sistemas especialistas)”.

A pesquisa operacional permite a representação de um sistema real, auxiliando gestores no processo de tomada de decisão. Segundo Andrade (2014) um estudo de pesquisa operacional procura analisar, por meio de uma representação, o sistema real com a finalidade de adaptar o sistema para que atinja níveis de desempenho almejado.

### **2.2.1.1 Simulação computacional**

São muitas as definições para simulação. Segundo Schriber (1974 *apud* FREITAS FILHO, 2008) a simulação resulta na modelagem de sistemas ou processos, de maneira que o modelo seja capaz de reproduzir as respostas do sistema real na ocorrência de vários eventos ao longo do tempo. Para Bateman *et al.* (2013) a simulação é quando, através de modelos, se realiza a experimentação do sistema real.

Já para Pegden (1991 *apud* FREITAS FILHO, 2008) a simulação, é a projeção do modelo computacional de um sistema real, e, permite realizar testes com o modelo computacional com o objetivo de compreender seu comportamento e determinar as melhores estratégias a serem seguidas.

Como hoje, segundo Freitas Filho (2008), simulação é quase considerado sinônimo de simulação computacional, onde é executado um modelo computacional. Couto (2003 *apud* Klen; Guimarães; Pereira, 2008) explica que o modelo de simulação computacional reúne informações do sistema real que se deseja estudar e Stroparo (2005 *apud* Klen; Guimarães; Pereira, 2008) explica que os benefícios providos da utilização do modelo computacional estão relacionados a capacidade do modelo em imitar o sistema real.

Com isso, Robert Shannon (1975 *apud* Freitas Filho, 2008) define o modelo computacional como sendo um programa de computador onde as variáveis manifestam um comportamento dinâmico e estocástico semelhante ao do sistema real representado. Já Klen, Guimarães e Pereira (2008) explicam que os modelos são compostos por uma estrutura lógica e baseiam-se em distribuições estáticas que incorporam variações aleatórias no modelo, gerando estatísticas para validar o experimento realizado.

O crescimento na utilização da simulação computacional é devido ao fato da ferramenta apresentar uma facilidade em seu uso e apresentar um ambiente sofisticado para o

desenvolvimento dos modelos, aliada com a maior capacidade de processamento dos computadores. A simulação computacional está, cada vez mais, apresentando interfaces gráficas amigáveis, sendo destinada aos mais diversos tipos de plataformas operacionais, utilizando animações para os sistemas simulados (FREITAS FILHO, 2008).

Segundo Bateman *et al.* (2013) várias empresas já estão utilizando os modelos de simulação em seus processos como exemplos há as empresas de manufatura, as de alimentos, empresas químicas, empresas de transportes, serviços industriais, as de saúde e o exército.

A simulação computacional permite que os analistas realizem estudos tanto em sistemas reais sem a necessidade de alterações nos ambientes destes sistemas, quanto em sistemas inexistentes tornando eficiente o desenvolvimento de projetos sem realizar nenhuma mudança física (FREITAS FILHO, 2008). De acordo com Soares (1992 *apud* Klen; Guimarães; Pereira, 2008) pode-se compreender o modelo computacional como sendo uma ferramenta utilizada para auxiliar na determinação das características do sistema, na análise de gargalos, para validar ideias, verificar soluções e para elaborar novos projetos.

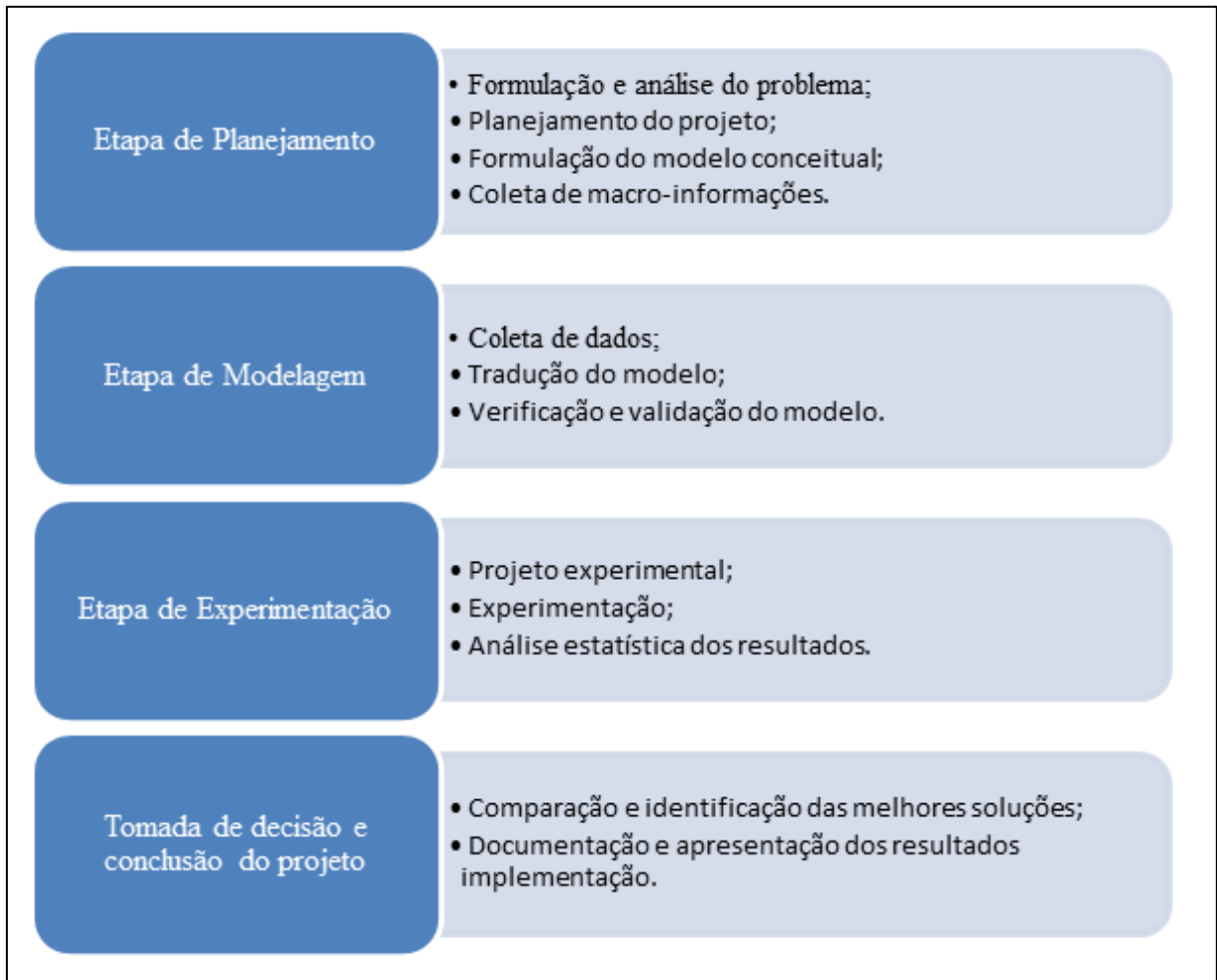
A maior parte dos modelos de simulação computacional são interativos do tipo entrada-saída, ou seja, é necessário que se forneça os dados de entrada e, com isso, na saída se obtém as respostas inerente aos dados. Não são modelos de otimização, não oferecem uma solução ótima (sem um considerado esforço), são mais utilizados para analisar o comportamento de um sistema em condições específicas. Usualmente os analistas desenvolvem e experimentam os modelos de simulação visando um direcionamento para a solução de um determinado problema (FREITAS FILHO, 2008). Com isso, Bateman *et al.* (2013) explicam que a simulação é uma ferramenta que permite avaliar a efetividade das soluções criadas pelos profissionais que resolvem problemas.

O requisito mais importante para o usuário que pretende criar modelos de simulação em computadores é que se tenha domínio da natureza do problema a ser estudado e também domínio da natureza do sistema, porém é possível criar modelos com um mínimo conhecimento sobre a lógica de programação, linguagem de simulação e a matemática desses programas (FREITAS FILHO, 2008).

Taylor (1970 *apud* Freitas Filho, 2008) define sistemas como sendo um conjunto de objetos que se pode definir ou encontrar alguma relação, que trabalham para atingir um objetivo ou propósito. Já Blanchard e Fabrycky (1981 *apud* Bateman *et al.*, 2013) explicam que pode-se definir sistema como sendo a combinação de elementos que se relacionam para atingir um objetivo em específico.

A Figura 1 mostra as etapas que usualmente são utilizadas para realizar um estudo que envolva modelagem e simulação.

**Figura 1:** Etapas de um estudo de modelagem e simulação.



Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008).

Para avaliar a qualidade do modelo de simulação computacional, primeiramente, é necessário avaliar se os pressupostos e as simplificações sobre o comportamento do sistema real foram devidamente implementados no modelo, em seguida é saber se o modelo, apesar das implementações, ainda se comporta como o sistema real. Essas etapas são denominadas verificação e validação (FREITAS FILHO, 2008).

Segundo Bateman *et al.* (2013) a validação é a etapa que busca garantir que o modelo represente a operação do sistema real que está em estudo de forma a direcionar ao problema estipulado. Klen, Guimarães e Pereira (2008) explicam que um dos fatores que possui maior relevância em um modelo é a sua representatividade do sistema real em estudo, porque se

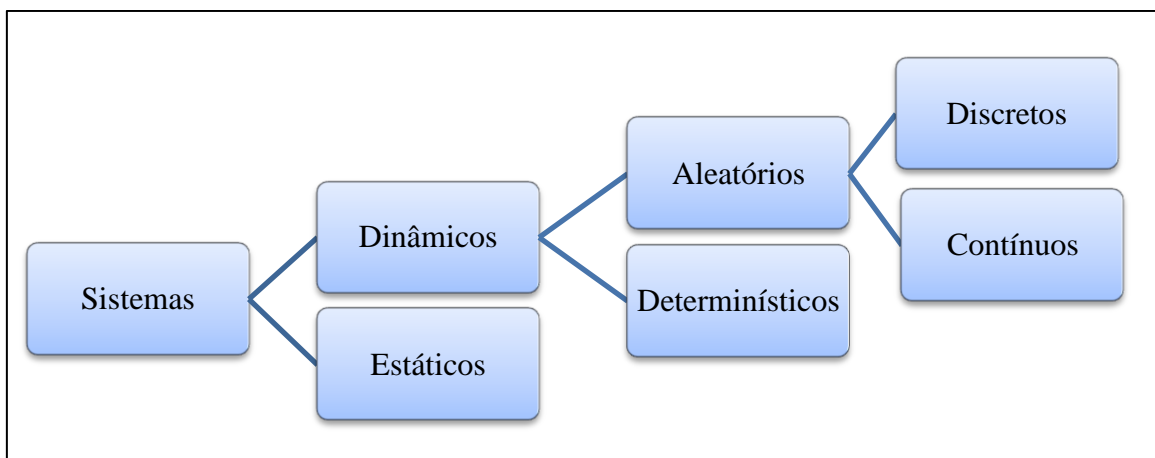
ocorrer um erro na etapa de validação do modelo isso pode induzir a uma conclusão equivocada.

É preciso ter segurança de que o desenvolvimento do modelo de simulação esteja corretamente efetuado, ou seja, não apresente erros de sintaxe, de lógica e que represente adequadamente o sistema real ou o sistema planejado. Com isso, pode-se validar um modelo de simulação pela aproximação dos resultados do modelo pelo do sistema real, sendo necessário que qualquer decisão tomada com base nos resultados obtidos seja precedida de uma avaliação da qualidade do modelo (FREITAS FILHO, 2008).

#### 2.2.1.1.1 Classificação dos modelos de simulação

Os sistemas, em um estudo de modelagem e simulação, podem ser classificados como: dinâmicos ou estáticos, aleatórios ou determinísticos ou, discretos ou contínuos. A figura 2 apresenta essa classificação.

**Figura 2:** Classificação dos sistemas para modelagem.



Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008).

Modelo dinâmico pode ser entendido como uma representação influenciada pelo tempo. O estado do modelo é dado em meses, dias, horas e segundos no relógio da simulação (BATEMAN *et al.*, 2013). Segundo Gogg (1996 *apud* Bellini Junior, 2014) os valores, nos modelos dinâmicos, podem variar conforme a passagem do tempo.

De acordo com Bateman *et al.*, (2013) os modelos estáticos podem ser entendidos como os que não são influenciados pelo tempo, ou seja, o estado do modelo não se altera em relação ao tempo.

Segundo Law e Kelton (2000 *apud* Bellini Junior, 2014) os resultados que são gerados nos modelos determinísticos não possuem componentes de probabilidades, enquanto que, para os modelos estocásticos há a criação de entradas aleatórias de componentes gerando saídas aleatórias.

Nos modelos discretos as variáveis de estado permanecem inalteradas ao longo de intervalos de tempo e somente alteram os seus valores em pontos bem determinados, estes modelos também são conhecidos pelo tempo de ocorrência do evento. Já nos modelos contínuos as variáveis de estado variam ao longo do tempo de maneira contínua (FREITAS FILHO, 2008). Segundo Bateman *et al.*, (2013) o modelo a evento discreto é uma ação que ocorre em um único momento de maneira instantânea, enquanto que o modelo a evento contínuo se mantém ininterruptamente ao longo do tempo. Para Gogg (1996 *apud* B Bellini Junior, 2014) nos eventos discretos as mudanças acontecem em um período específico no tempo, já em eventos contínuos acontecem mudanças na simulação continuamente ao longo do tempo.

O sistema de simulação deste estudo pode ser classificado como discreto, pois as mudanças de estado das variáveis ocorrem em pontos discretos ao longo do tempo da simulação e não de maneira contínua.

#### 2.2.1.1.2 Vantagens e desvantagens da simulação

Como já foi dito, a simulação é uma excelente ferramenta para análise, porém, é necessário entender as vantagens e desvantagens de seu emprego. Com isso, apresenta-se a seguir algumas das vantagens de seu uso:

- Quando um modelo é criado, é possível utilizá-lo inúmeras vezes para analisar os projetos e as políticas propostas (FREITAS FILHO, 2008);
- Com a simulação é possível analisar o desempenho de um sistema real perante as condições operacionais projetadas (LAW, 2010, *apud* ARANTES, 2015);
- A simulação utiliza uma metodologia de análise que permite avaliar um sistema proposto, mesmo quando os dados ainda estejam na forma de rascunhos (FREITAS FILHO, 2008);
- A simulação permite testar hipóteses sobre a ocorrência de certos fenômenos (PEDGEN *et al.*, 1990 *apud* VIEIRA, 2006);

- A simulação, normalmente, acaba sendo mais fácil de aplicar ao invés de métodos analíticos (FREITAS FILHO, 2008);
- Várias alternativas de decisão podem ser testadas e analisadas rapidamente e compreender seus efeitos no sistema (BATEMAN *et al.*, 2013);
- Os modelos analíticos acabam requerendo um grande número de simplificações de maneira a deixá-los tratáveis, enquanto que os modelos de simulação não possuem essas limitações (FREITAS FILHO, 2008);
- Os modelos de simulação podem ser avaliados sem a necessidade de qualquer alteração no sistema real (FREITAS FILHO, 2008);
- Em um estudo de simulação, é possível estabelecer um controle muito maior nas condições experimentais do que é possível em experimentos no próprio sistema real (LAW, 2010 *apud* ARANTES, 2015);
- O tempo pode ser controlado em um modelo, de maneira a reproduzir os fenômenos para melhor estudá-los (FREITAS FILHO, 2008);
- Um estudo que utiliza a simulação costuma apresentar como o sistema efetivamente funciona, em contraste da maneira com que todos acreditam que ele funciona (BANKS; CARSEN, 1984 *apud* VIEIRA, 2006);
- A simulação permite compreender melhor as variáveis em um sistema e quais delas são as mais relevantes à performance e também como elas se interagem (FREITAS FILHO, 2008);
- A simulação é uma boa ferramenta que auxilia a encontrar potenciais soluções (CORRÊA *et al.*, 2001 *apud* VIEIRA, 2006); e
- Permite a identificação, de forma facilitada, dos gargalos em sistemas (FREITAS FILHO, 2008).

Embora a simulação possua diversas vantagens, o processo de simular também possui algumas desvantagens entre elas podemos citar:

- Um modelo de simulação pode se tornar caro, devido as dificuldades em obter os dados, e acabar prolongando seu desenvolvimento (VIEIRA, 2006);
- Para desenvolver modelos é necessário um treinamento especial que envolva arte e adquirir experiência que podem levar certo tempo (FREITAS FILHO, 2008);
- Quando o modelo não representa o sistema em estudo, ou seja, não é uma representação “válida” desse sistema, os resultados obtidos acabam não fornecendo

informações úteis em relação ao sistema real, mesmo que os resultados pareçam impressionantes (LAW, 2010 *apud* ARANTES, 2015);

- São necessários *inputs* adequados no modelo para que ele apresente bons resultados, ou seja, é preciso um trabalho árduo e criterioso para a construção de um modelo de simulação (CORRÊA *et al.*, 2001 *apud* VIEIRA, 2006); e
- Os resultados obtidos com a simulação podem, em algumas vezes, serem de difícil compreensão. É normal que existam problemas em determinar se alguma observação experimentada tenha uma ligação significativa com o sistema ou a algum processo aleatório desenvolvido no modelo (FREITAS FILHO, 2008).

### 2.2.1.1.3 Simulação conceitual

A simulação conceitual é uma etapa de um estudo de simulação e segundo Wang e Brooks (2007, *apud* PINHO; MORAIS, 2010) ela é, possivelmente, a etapa que recebe a menor atenção dos analistas e, portanto a menos compreendida por eles. Contudo, segundo Chwif e Medina (2007 *apud* PINHO; MORAIS, 2010) essa etapa é o aspecto mais relevante de um estudo que envolva simulação, mesmo quando muitos livros e muitos analistas não a consideram.

Segundo Brooks e Robinson (2001 *apud* LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI, 2008) o modelo conceitual representa uma descrição do modelo que se quer desenvolver e essa descrição independe do tipo de software de simulação que se pretende usar. De acordo com Freitas Filho (2008) o objetivo do modelo conceitual é elaborar um esboço do sistema em estudo, de maneira gráfica com, por exemplo, fluxograma ou de forma algorítmica com pseudocódigo, com isso, define-se os componentes, detalhando as variáveis e as interações que fazem parte do sistema real.




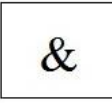


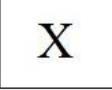
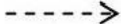





O modelo conceitual pode auxiliar os analistas na definição dos pontos onde será realizada a coleta de dados e de forma a agilizar a etapa de desenvolvimento do modelo computacional (LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI, 2008). Bateman *et al.* (2013) também cita que o modelo conceitual, além de contribuir no mapeamento das atividades do sistema que esta sendo estudado, pode auxiliar a etapa de criação do modelo computacional.

Segundo Bateman *et al.* (2013) é na etapa de concepção que o analista deve representar o modelo que está em sua mente, com o objetivo de formular o modelo conceitual e permitir que outras pessoas envolvidas no projeto de simulação possam compreendê-lo. Ainda os autores explicam que apesar do modelo conceitual ser importante, é comum

encontrar em vários trabalhos que envolvam simulação a omissão ou, quando há, um modelo conceitual simplificado.

Neste estudo é utilizada a técnica IDEF-SIM desenvolvida por Leal, Almeida e Montevechi (2008) para formular o modelo conceitual do sistema em estudo. Bateman *et al.* (2013) explicam que o diferencial dessa técnica é o seu foco em simulação. Na figura 3 é apresentada a simbologia utilizada nessa técnica.

**Figura 3:** Simbologia da técnica IDEF-SIM.

	Fluxo de entrada no sistema modelado	Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos:		Controle IDEF0		
	Entidade IDEF3			Regra E		Movimentação (Fluxograma)
	Funções IDEF0			Regra OU		Informação explicativa IDEF0 e IDEF3
	Fluxo das entidades IDEF0 e IDEF3			Regra E/OU		Ponto final do sistema
	Recursos IDEF0				Conexão com outra figura	

Fonte: Adaptado de Leal, Almeida, Montevechi (2008).

A função de cada um dos símbolos de acordo com as definições dos autores Leal, Almeida e Montevechi (2008) são detalhadas a seguir:

- Entidade: representa os itens que serão processados pelo sistema como, por exemplo, matéria-prima, os produtos, as pessoas etc.;
- Funções: são os locais que a entidade sofrerá algum tipo de ação como os postos de trabalhos, as filas, os postos de atendimento e outros;
- Fluxo das entidades: representa o sentido da entidade no modelo, definindo os pontos de entrada e saída nas funções;
- Recursos: esses recursos podem simbolizar pessoas ou equipamentos e são elementos usados para mover as entidades e realizar as funções do sistema;
- Controle: são as regras aplicadas nas funções do sistema como, por exemplo, as regras de filas, as programações, o sequenciamento etc.;
- Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: logo após uma função, pode ser seguido mais de um caminho e, com isso, são aplicadas as regras E, OU e E/OU;



- Movimentação: é a movimentação de uma entidade, a qual se acredita ter um impacto significativo no modelo;
- Informação explicativa: é utilizado para facilitar o entendimento do modelo por meio da inserção de explicações;
- Fluxo de entrada no sistema modelado: representa o ponto de entrada ou de criação das entidades no modelo;
- Ponto final do sistema: representa o final do caminho no modelo;
- Conexão com outra figura: separa o modelo em inúmeras figuras.

#### 2.2.1.1.4 Software Arena

De acordo com Prado (2010 *apud* PRAIA; GOMES, 2013), o *software* Arena é constituído por todos os recursos que permitem a modelagem de processos, a animação do sistema, a análise estatística e dos resultados. Praia e Gomes (2013) explicam que para utilizar o Arena, não há necessidade de se usar linhas de código, isso, porque o método de criação do modelo é todo visual e gráfico e que o Arena é um *Software* que integra lógica e animação possuindo ferramentas, como exemplo o *Input Analyzer*, que permitem analisar os dados coletados.

Segundo Fioroni (2007 *apud* AGUILAR *et al.*, 2009) o modelo desenvolvido no Arena funciona com o usuário descrevendo todos os elementos (estáticos como os recursos e etc.) do sistema e as regras de como se comportam. Aguilar *et al.* (2009) explicam que quando se inicia a simulação, as entidades são introduzidas no modelo, interagindo com os elementos estáticos de acordo com as regras que foram criadas.



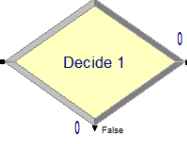
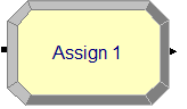
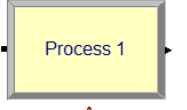

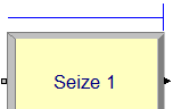

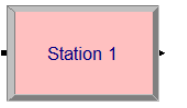
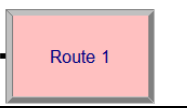
O *Software* Arena funciona baseado no método de Monte Carlo, pois este é considerado como uma ferramenta poderosa de simulação, devido a sua característica que permite analisar a probabilidade de certos eventos acontecerem (PRAIA; GOMES, 2013). Com isso o Arena, segundo Silva, Pinto e Subramanian (2007), tem sido bastante utilizado com o intuito de simular os mais variados tipos de ambientes, como as linhas de produção, o tráfego nas ruas, as minas e ambientes que envolvam a logística.

Uma importante característica do programa Arena é que, segundo Pereira (2009), os servidores e os equipamentos (representados pelos módulos) podem encontrar um dos quatro estados: *busy* (ocupado) durante o processo de atendimento a um cliente; *idle* (desocupado)

quando está esperando a chegada de um cliente; *inactive* (inativo) quando não está disponível para o atendimento; e *failure* (quebrado) que também não está disponível para atendimento.

Para a construção do modelo deste estudo realizado no programa Arena, utilizou-se os módulos descritos na Figura 4 abaixo presentes no próprio *software*.

**Figura 4:** Módulos utilizados na modelagem do trabalho.

Barra de projeto	Template	Nome do bloco/Descrição
<i>Basic Process</i>		<i>Create</i> : é o ponto de partida para a criação do modelo. É a partir desse bloco que as entidades (peças, clientes, aviões etc.) surgem no sistema.
		<i>Dispose</i> : representa o fim do projeto de simulação, fazendo com que as entidades ‘desapareçam’ do sistema. Esse bloco, juntamente com o bloco <i>Create</i> , são obrigatórios no sistema.
		<i>Decide</i> : utilizado para o processo de tomada de decisão. As decisões podem ser binárias (verdadeira ou falsa) ou do tipo múltiplas (probabilidades, atributos, expressões ou variáveis do processo).
		<i>Assign</i> : usado quando há intenção de mudar o valor de uma variável, ou ‘rotular’ uma entidade com um determinado atributo, ou ainda alterar a figura que representa a unidade.
		<i>Process</i> : usado quando a entidade passa por alguma ação que envolve um determinado intervalo de tempo e recursos.
		<i>Record</i> : tem por objetivo levantar informações estatísticas que não são apresentados no relatório padrão gerado pelo <i>Arena</i> após a simulação. Pode ser usado como contador ou no registro de tempo entre as entidades
<i>Advanced process</i>		<i>Seize</i> : tem a função de alocar unidades de pelo menos um recurso para a entidade, um elemento de vários recursos ou ainda um atributo ou expressão. A entidade, ao entrar no bloco, aguarda em uma fila até o momento em que todos os recursos requisitados estejam disponíveis conjuntamente.
		<i>Release</i> : empregado para liberar unidades de um recurso do qual certa entidade se apoderou. Esse bloco pode liberar os recursos de forma individual ou em grupos; para a liberação dos recursos, é necessário que se especifique o nome e a quantidade.
<i>Advanced transfer</i>		<i>Station</i> : utilizado para definir uma determinada estação ou conjunto de estações correspondentes a um ambiente físico ou lógico em que ocorre o processamento. A entidade se movimenta de um bloco <i>Station</i> para outro sem ‘conexão física’ entre as estações de trabalho.
		<i>Route</i> : transfere a entidade de uma estação para outra, podendo ser definido um atraso para essa transferência.

Fonte: Adaptado de Lima, R. Z, Souza, A. D. C. e Araújo, L. C. (2006).

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve a forma que a pesquisa foi desenvolvida, e apresenta a sua natureza, classificação, a metodologia do projeto seguida pela elaboração do estudo e as considerações finais.

#### 3.1 Classificação da pesquisa

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa pode ser dividida quanto à abordagem, quanto à natureza, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos. Ainda segundo os autores a abordagem pode ser dividida em pesquisa:

- Qualitativa: Não há preocupação com a representatividade numérica, entretanto, o foco é, com a compreensão de um grupo social, de uma determinada organização, etc. Ao utilizar os métodos qualitativos, os pesquisadores pretendem explicar o porquê das coisas, apresentando o que de fato convém fazer sem quantificar os valores ou submeter à confirmação de fatos.
- Quantitativa: Os resultados podem ser quantificados. Como geralmente na pesquisa quantitativa as amostras são consideráveis e classificadas como representativas de uma população, os resultados são considerados como um retrato real da população alvo da pesquisa realizada (FONSECA, 2002, p.20 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Em relação à natureza, a classificação da pesquisa pode ser dividida em:

- Pesquisa básica: A pesquisa básica tem por objetivo produzir novos conhecimentos que são úteis no desenvolvimento da Ciência, sem nenhuma aplicação prática (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa aplicada: A pesquisa aplicada tem como objetivo conceber conhecimentos utilizados para aplicação prática de estudos, destinados à solução de determinados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Em relação aos objetivos, a pesquisa pode ser dividida em:

- Pesquisa exploratória: Esta pesquisa objetiva possibilitar maior relação com o problema em estudo, com perspectivas de torná-lo explícito ou a desenvolver hipóteses. Grande parte dessas pesquisas abrange: um levantamento bibliográfico; entrevistas a cerca do problema estudado com pessoas relacionadas ou que já experienciaram o problema; e a análise de diversos exemplos que incentiva a

compreensão. A pesquisa exploratória pode ser classificada como: pesquisa bibliográfica ou estudo de caso (GIL, 2002).

- Pesquisa descritiva: Estas pesquisas objetivam principalmente a caracterização dos atributos de uma população ou de um fenômeno ou a relação entre variáveis. Geralmente nestes estudos ocorrem à utilização de questionários, técnicas de observações e de coleta de dados (GIL, 2002).
- Pesquisa explicativa: A pesquisa explicativa é o tipo mais complicado de pesquisa, pois têm como atenção principal reconhecer os fatores que indicam ou que colabora na ocorrência dos fenômenos estudados (GIL, 2002).

Em relação aos procedimentos, a pesquisa pode ser dividida em:

- Pesquisa experimental: Esta pesquisa baseia-se em definir um objeto de estudo, determinar as variáveis que podem influenciá-lo, estipular formas de controle e de análise dos efeitos produzidos no objeto (GIL, 2002).
- Pesquisa bibliográfica: Esta pesquisa é realizada com o levantamento de material referencial teórico já analisado e publicado, sejam eles publicados em meios eletrônicos ou escritos (FONSECA, 2002, p.32 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa Documental: Esta pesquisa assemelha-se à pesquisa bibliográfica. A principal diferença entre esses tipos de pesquisas está no tipo de fontes utilizadas. A pesquisa bibliográfica utiliza, sobre um determinado tema, as contribuições dos mais variados autores, enquanto isso, a pesquisa documental serve-se de materiais alterados ou que não sofreram tratamento analítico conforme os objetivos da pesquisa realizada (GIL, 2002).
- Pesquisa de campo: Esta pesquisa caracteriza-se pela coleta de dados com o uso de tipos diferentes de pesquisas, incluindo pesquisa documental ou bibliográfica (FONSECA, 2002 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa ex-post-facto: Nesta pesquisa o estudo é realizado depois que ocorre variações na variável do curso natural das coisas. Essa pesquisa assemelha-se a pesquisa experimental no propósito de investigar as relações entre as diversas variáveis, diferenciando-se no fato do pesquisador não ter controle na variável porque já ocorreu (GIL, 2002).

- Pesquisa de levantamento: A pesquisa de levantamento é aplicada nos estudos descritivos e exploratórios, esse levantamento pode ser de uma amostra ou de uma população (censo) Fonseca (FONSECA, 2002 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa com Survey: Esta pesquisa compreende-se como sendo a obtenção de dados ou de informações com um público-alvo sobre suas opiniões ou suas características aplicando, por exemplo, como um instrumento para a coleta, um questionário (FONSECA, 2002, p. 33 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Estudo de caso: Esta pesquisa constitui-se em um profundo estudo de um determinado ou de alguns objetos de maneira a garantir um detalhado conhecimento a cerca do mesmo. É amplamente utilizado em estudos nas ciências sociais e biomédicas (GIL, 2002).
- Pesquisa Participante: A pesquisa participante é representada pelo envolvimento entre o pesquisador com as pessoas investigadas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa-Ação: Este tipo de pesquisa realiza uma investigação social em que os colaboradores e os pesquisadores participam e cooperam no estudo (THIOLLENT, 1988 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa Etnográfica: Esta pesquisa é compreendida como o estudo de um povo ou determinado grupo. Um exemplo desse tipo de pesquisa é a análise das relações entre professores, alunos e a comunidade (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).
- Pesquisa Etnometodológica: Pode-se entender a pesquisa etnometodológica como uma pesquisa que para estudar as ações dos indivíduos em seu cotidiano utiliza-se de vários instrumentos como entrevistas, observações, gravações e outros (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Dessa forma, após analisar as literaturas de Gil (2002) e de Gerhardt e Silveira (2009), constata-se que a pesquisa realizada pelo autor se classifica como sendo de natureza aplicada, pois houve coleta de dados em campo e simulação experimental. Já em relação ao tipo de abordagem do problema, a mesma se enquadra como quantitativa pois o modelo foi alimentado com os dados coletados para a realização da simulação. Quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como descritiva uma vez que a mesma descreve as características do cruzamento e seus semáforos. Por fim, quanto aos procedimentos, a mesma se identifica como um estudo de caso já que a pesquisa se concentra em um único cruzamento (isto é, as conclusões se limitam a este objeto em estudo).

### **3.2 Metodologia do projeto de pesquisa**

Os procedimentos técnicos aqui utilizados se limitam à pesquisa bibliográfica, à coleta de dados e informações em campo, à formulação do modelo conceitual e à simulação computacional (esta última, realizada no *software* Arena 14.0, versão estudante).

O objeto de estudo compreendeu o cruzamento entre a avenida Minas Gerais e a rua 7 de Setembro, no centro da cidade de Governador Valadares, em Minas Gerais.

Para a elaboração do modelo conceitual foi utilizada a ferramenta IDEF-SIM proposta por Leal, Almeida e Montevechi (2008) por ser uma ferramenta que tem seu foco voltado à simulação computacional.

Para o projeto, foi utilizado um dos computadores do laboratório de informática 2 do Instituto Federal de Minas Gerais campus Governador Valadares com as seguintes configurações: processador Intel Core 2 Duo com 6GB de memória RAM e HD de 320GB com um sistema operacional Windows 7 Professional de 64 bits.

O processo de coleta de dados foi realizada com o auxílio de um caderno para anotações e um cronômetro. Considerou-se os tempos de cada luz de sinalização (vermelha, amarela e verde) de forma individual para cada um dos cinco semáforos existentes no cruzamento.

O período de análise compreendeu do dia 26-02-2018 ao dia 09-03-2018 (considerando somente dias úteis), das 07h00m às 09h00m, horário este considerado pelo autor como sendo de maior volume de trânsito de veículos devido a observações realizadas.

### **3.3 Considerações Finais**

Foi utilizada a simulação computacional para representar, com base nos dados coletados, as condições do tráfego de veículos no local. Com isso, o estudo busca servir de modelo para possibilitar que pesquisadores desenvolvam projetos que simulem, analisem e comparem possíveis mudanças nas condições de tráfego estudadas e a influencia dos tempos dos semáforos nos congestionamentos, se reduziu ou não, testando diferentes tempos simulados no *Software* Arena.

O estudo é estruturado inicialmente com a realização do modelo conceitual (que é recomendado por autores) utilizando a ferramenta IDEF-SIM, depois os dados são coletados em cada semáforo do cruzamento, em seguida ocorre a construção do cenário e a inserção dos dados no *Software* Arena e, por fim, é realizado a simulação.

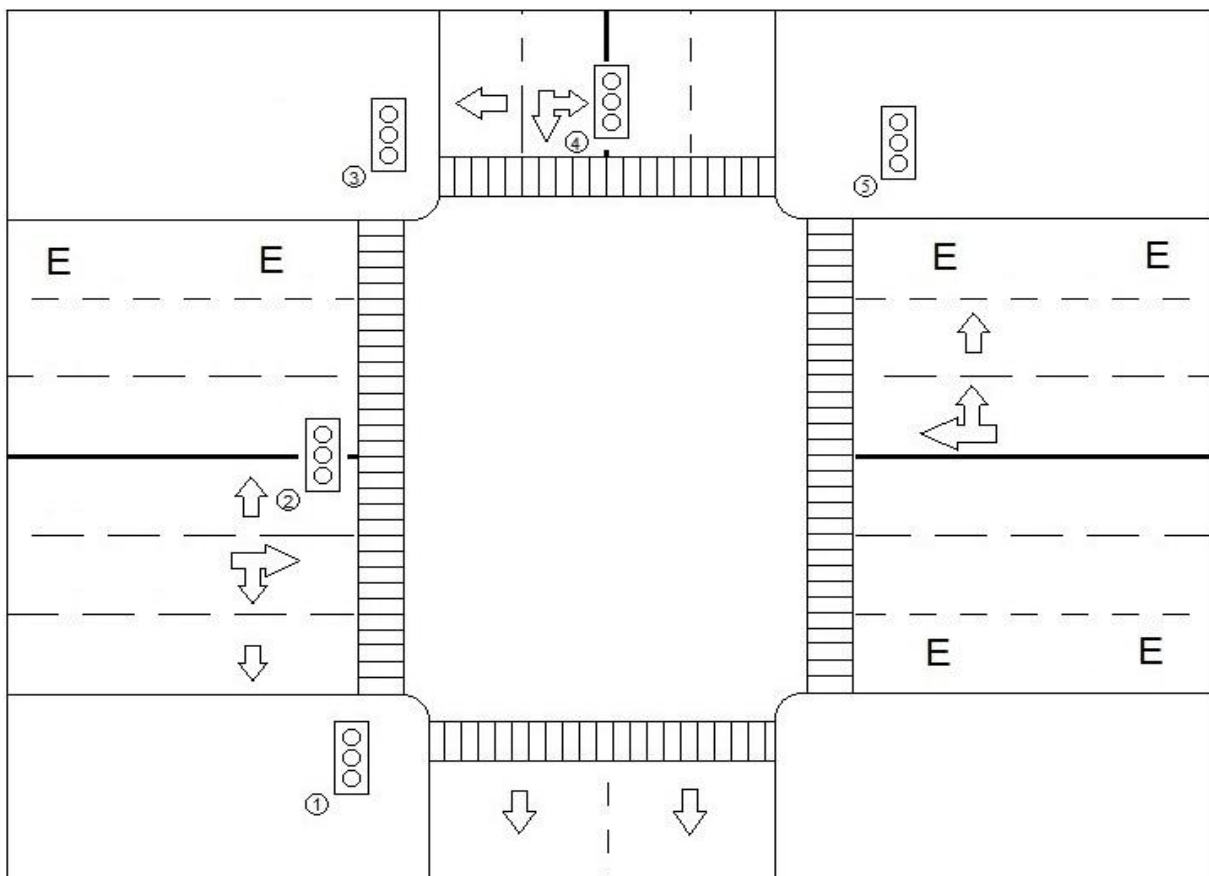
## 4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desse trabalho trata da caracterização do cruzamento em que é descrito o objeto de estudo, da realização do modelo conceitual com a técnica IDEF-SIM e do modelo computacional realizado e experimentado no *software* Arena.

### 4.1 Caracterização do cruzamento semafórico

Conforme mencionado anteriormente, o cruzamento em estudo se refere ao da avenida Minas Gerais com a rua Sete de Setembro, na cidade de Governador Valadares/MG. A Figura 5 mostra uma ilustração do mesmo, representando os locais onde se encontra cada um dos semáforos e as características das vias.

**Figura 5** - Ilustração do cruzamento em estudo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme mostra a Figura 5, na horizontal, a avenida Minas Gerais é a principal avenida e possui três faixas em cada um dos sentidos, sendo que nas faixas que possuem a

letra “E” é permitido aos veículos estacionarem. Para os veículos que se deslocam da esquerda para a direita, em direção ao cruzamento, há a opção de três faixas que conduzem a três trajetos diferentes: seguir em frente, e virar à esquerda ou à direita.

Já a rua Sete de Setembro corta a avenida Minas Gerais (FIG. 5, na vertical) e se divide em dois tipos distintos de movimentação: na parte de cima (antes de cortar a avenida) a mesma é composta por uma via de mão dupla com veículos em ambos os sentidos e na parte de baixo (após o cruzamento com a referida avenida) a via se torna mão única, ou seja, único sentido de tráfego de veículos.

Ainda de acordo com a Figura 5, os cinco semáforos existentes são identificados por números para facilitar sua diferenciação e representação ao longo do estudo. Maiores detalhes a respeito do auxílio de cada um dos semáforos na condução do trânsito desse cruzamento são mostrados no Quadro 2, a seguir.

**Quadro 2** – Descrição das funções dos semáforos no cruzamento estudado.

<b>Semáforos</b>	<b>Descrição</b>
Semáforo 1	Este semáforo é destinado aos veículos que acabam de passar por baixo da linha férrea que atravessa a cidade (local comumente conhecido como Mergulhão), da esquerda para a direita (FIG. 5) e com o sentido principal para o bairro Centro. O seu funcionamento permite aos condutores seguir em frente (via Praça Serra Lima) ou realizar conversão à direita (sentido <i>Shopping Center</i> ).
Semáforo 2	Este semáforo também é destinado aos veículos que acabam de passar pelo Mergulhão (sentido Centro da cidade), e autoriza somente a conversão à esquerda (sentido Hospital).
Semáforo 3	O semáforo 3 é destinado aos condutores que seguem pela rua Sete de Setembro após passarem pelo Hospital e propicia conversão somente à direita, sentido Mergulhão.
Semáforo 4	O semáforo 4 destina-se também aos condutores que seguem pela rua Sete de Setembro após passarem pelo Hospital, mas concede aos condutores optar pela conversão à direita (via Praça Serra Lima) ou seguir em frente (via <i>Shopping</i> ).
Semáforo 5	Este semáforo destina-se aos veículos que saem da Praça Serra Lima e permite seguir em frente (via Mergulhão) e convergir à direita (via Hospital).

Fonte: Autoria própria (2018).

Dada a caracterização das informações acerca do cruzamento, a etapa seguinte consistiu em determinar os tempos demandados em cada uma das cores verde, amarela e vermelha de cada um dos semáforos presente no cruzamento. Os tempos foram coletados no dia 19 de fevereiro 2018 a partir das 07:00 horas da manhã, uma vez que o horário de pico estende-se até às 09h00m.



Para determinar os tempos luminosos, foram utilizados um caderno de anotações e um cronômetro que era disparado de acordo com a mudança da cor luminosa de cada um deles. Os tempos coletados são mostrados na Figura 6.

**Figura 6 – Tempos em segundos dos semáforos.**

semáforo 1	vermelho	57 seg	semáforo 2	vermelho	79 seg
	amarelo	3 seg		amarelo	3 seg
	verde	60 seg		verde	38 seg
semáforo 4	vermelho	86 seg	semáforo 5	vermelho	99 seg
	amarelo	3 seg		amarelo	3 seg
	verde	31 seg		verde	18 seg
semáforo 3	vermelho	21 seg	vermelho	24 seg	
	amarelo	3 seg	amarelo	3 seg	
	verde	38 seg	verde	31 seg	

Fonte: Autoria Própria (2018).

Ressalta-se que os tempos coletados são válidos somente para o horário de pico registrado parte da manhã e em dia útil com duração de duas horas (das 07h00m às 09h00m) e que a partir das 09:00 horas da manhã os semáforos assumem novos tempos luminosos.

Observa-se, na Figura 6, que o semáforo 3 apresenta uma característica que o difere dos demais. Nele, foram registrados dois tipos diferentes de tempos para os faróis vermelho e verde. Em um primeiro instante, o mesmo inicia o primeiro ciclo com a luz vermelha com duração de 21 segundos, depois a verde com 38 segundos e em seguida a amarela com 03 segundos. Após esse momento, os tempos mudam para 24, 31 e 03 segundos para as cores vermelha, verde e amarela, respectivamente. Este ciclo vai se alternando ao longo do período.

## 4.2 Modelo conceitual

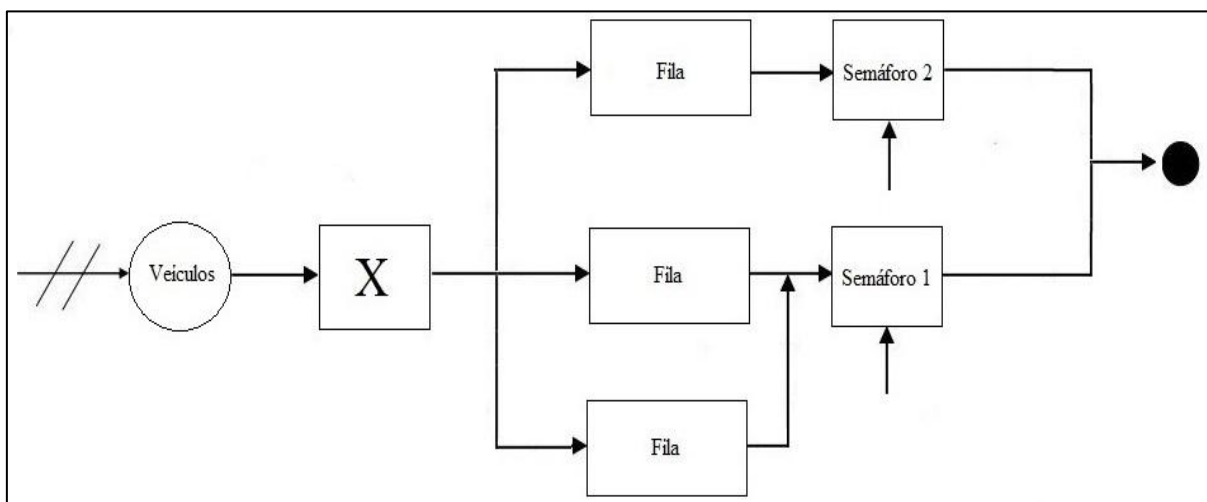
O modelo conceitual do sistema foi representado utilizando a técnica do IDEF-SIM por meio de uma apresentação gráfica dos fluxos seguidos no cruzamento.

Para facilitar a compreensão dessa estrutura, essa etapa mostra a implementação conceitual de cada sentido do cruzamento de forma individual. A sua representação coletiva não se mostra possível, já que o conjunto precisaria apresentar as relações de cada um dos sentidos do cruzamento com os demais. Vale a pena ressaltar que o objetivo de se exibir o funcionamento de um modelo conceitual tem a mera função de explicar de forma sucinta um determinado processo em estudo.

A escolha pela utilização da técnica IDEF-SIM é devido ao seu foco na simulação, diferente das demais técnicas que poderiam ser utilizadas (*e.g.* fluxogramas), técnicas estas talvez mais abrangentes e que podem ser utilizadas em vários campos de estudo.

A Figura 7 mostra o fluxo nos semáforos 1 e 2 de acordo com a técnica IDEF-SIM. Já a Figura 8 mostra o fluxo nos semáforos 3 e 4, e a Figura 9 no semáforo 5.

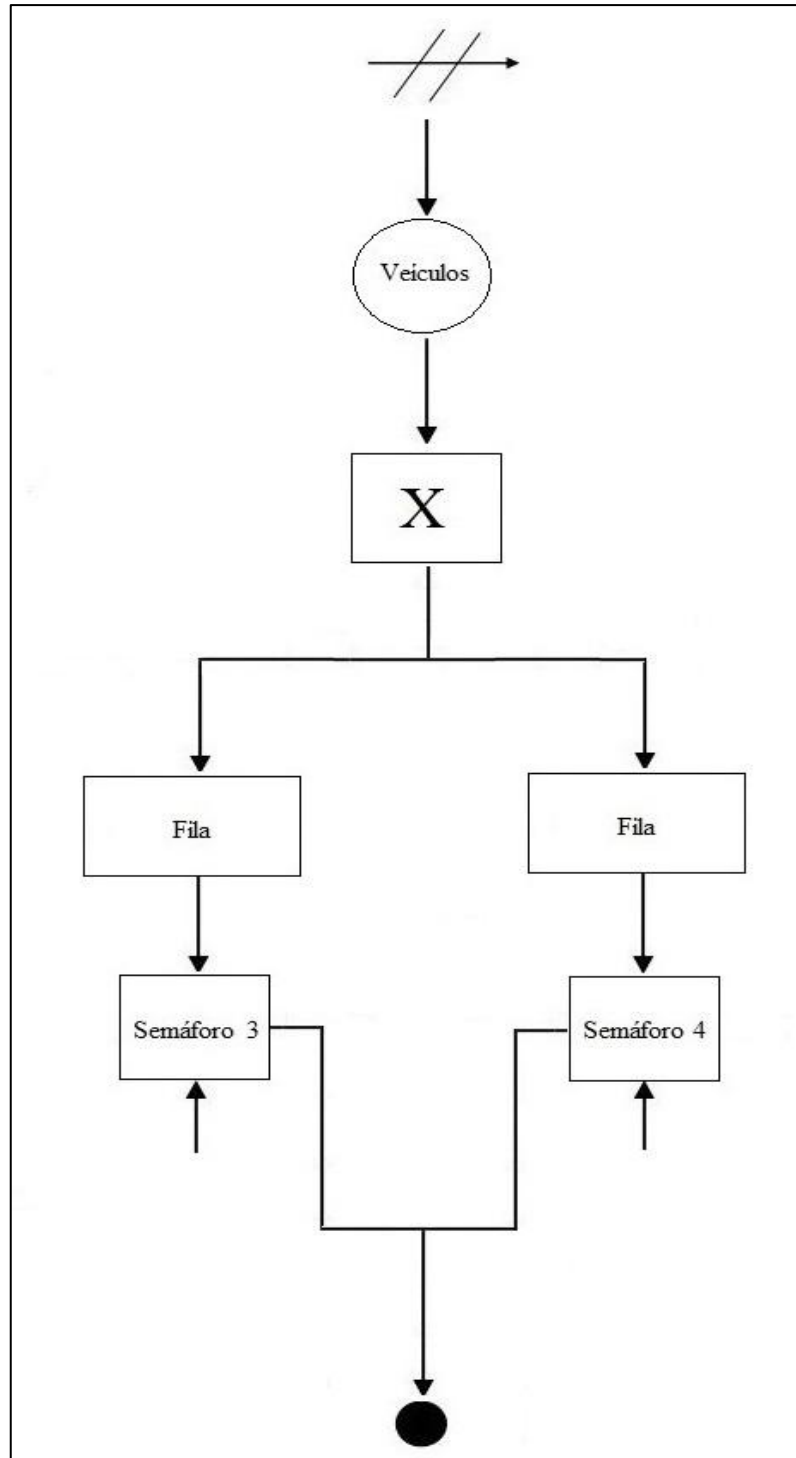
**Figura 7** – Representação do fluxo nos Semáforos 1 e 2 com a técnica IDEF-SIM.



Fonte: Autoria Própria (2018).

No processo apresentado pela Figura 7, os condutores (veículos) assim que terminarem de transitar pelo Mergulhão sentido Centro da cidade se deparam com três faixas (filas). Nesse momento o condutor deve escolher a faixa de acordo com o sentido que deseja seguir (regra OU). Se o condutor optar pela conversão à esquerda, na rua Sete de Setembro, ele segue para a faixa mais à esquerda do seu sentido de direção da via e se depara com o semáforo 2; após passar pelo semáforo, o motorista realiza a conversão e segue para seu destino. Ao optar por seguir em frente na própria avenida Minas Gerais, o condutor segue para a faixa do meio, deparando-se com o semáforo 1 e seguindo o seu destino após passagem pelo mesmo. Se o motorista optar por fazer uma conversão à direita para a rua Sete de Setembro, o mesmo deve seguir para a faixa mais à direita (também regulada pelo semáforo 1) e, ao ser autorizado a prosseguir, realizar a conversão seguindo para seu destino.

**Figura 8** – Representação do fluxo nos Semáforos 3 e 4 com a técnica IDEF-SIM.

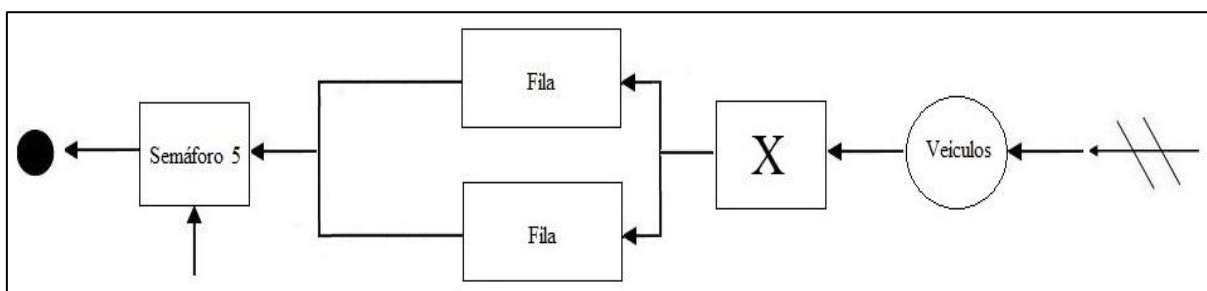


Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 8, os condutores (veículos) podem optar (regra OU) por duas faixas (fila) sendo que cada uma delas é controlada por um semáforo. Caso o condutor opte por entrar na avenida Minas Gerais, o mesmo deve seguir pela faixa mais à direita da via regulada pelo semáforo 3 e, após autorizada a conversão o mesmo segue para o seu destino. Caso o

condutor opte por seguir em frente, o mesmo ainda pode optar por permanecer na rua Sete de Setembro ou convergir à esquerda, na Avenida Minas Gerais. Nessa situação, o motorista deve seguir para a faixa da esquerda da via de seu fluxo de direção onde a mesma é controlada pelo semáforo 4.

**Figura 9** – Representação do fluxo no Semáforo 5 com a técnica IDEF-SIM.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Figura 9 (leitura da direita para a esquerda, que neste caso segue o mesmo fluxo da avenida), os veículos que vierem da Praça Serra Lima podem optar (regra OU) por seguir em frente na avenida Minas Gerais ou convergir à direita na Rua Sete de Setembro. Ambas as opções de sentidos são controladas pelo semáforo 5. Se o condutor desejar convergir à direita, o mesmo deve se deslocar para a faixa central da pista uma vez que a pista da extrema direita se destina ao estacionamento regulado de veículos. Caso ele opte por continuar na avenida isto é, seguir em frente, o condutor pode continuar na pista central ou se deslocar para a pista da esquerda da via no seu fluxo de direção. Ressalta-se que, neste sentido de direção da via, atualmente o semáforo 5 não autoriza a conversão à esquerda na Rua Sete de Setembro. Ou seja, fazer a conversão da avenida Minas Gerais sentido Mergulhão para a rua Sete de Setembro é proibida aos condutores; a própria sinalização do cruzamento informa que as opções são seguir em frente ou convergir à direita.

### 4.3 Coleta de dados

Uma etapa importante na construção do modelo é a de determinar a quantidade de veículos que costumam transitar no cruzamento (nos três sentidos) e suas diferentes possibilidades de rotas. Neste processo foi utilizado somente um caderno de anotações e a contagem da quantidade absoluta de veículos que passaram rumo ao cruzamento.

O período demandado nessa etapa teve duração de duas semanas, de 26-02-2018 a 09-03-2018. Na primeira semana analisou-se as quantidades de veículos que trafegavam da esquerda para a direita, vindos do Mergulhão e orientados pelos semáforos 1 e 2. Já a segunda semana avaliou-se o fluxo de veículos que trafegam em sentido aos semáforos 3, 4 e 5. A tabela 2 mostra o resumo desses dados coletados.

**Tabela 2** – Total de veículos que trafegaram no período de 07:00 às 09:00 horas.

Sentido de movimentação dos automóveis	Dias úteis na semana					Total
	2 <sup>a</sup> feira	3 <sup>a</sup> feira	4 <sup>a</sup> feira	5 <sup>a</sup> feira	6 <sup>a</sup> feira	
Av. Minas Gerais, do Mergulhão para Praça Serra Lima	1.689	1.484	1.584	1.590	1.635	7.982
Rua Sete de Setembro	864	815	799	804	870	4.152
Av. Minas Gerais, da Praça Serra Lima sentido Mergulhão	628	648	605	674	599	3.154
Total	3.181	2.947	2.988	3.068	3.104	15.288

Fonte: Autoria própria (2018).

Pode-se verificar, na Tabela 2 que o total de veículos que passaram pelo cruzamento no período de 07:00 às 09:00 horas da manhã foi de 15.288 unidades, dos quais a grande maioria se desloca do Mergulhão para a Praça Serra Lima, na Avenida Minas Gerais. Pode-se verificar, também, que os fluxos são praticamente constantes durante os dias da semana. Os dados coletados nessa etapa são apresentados no Anexo 1.

#### **4.3.1** *Dados coletados de veículos na avenida Minas Gerais, vindos do Mergulhão*

As quantidades de veículos (carros, caminhões e ônibus, exceto motos) que se movimentaram na Avenida Minas Gerais, vindos do Mergulhão, são mostradas na Tabela 3. Nela, os dados são separados pelos dias da semana em que houve a coleta de dados e pelo sentido seguido pelos veículos.

**Tabela 3** – Quantidade de veículos transitando na avenida Minas Gerais e vindos do Mergulhão entre 07:00 e 09:00 horas.

Dia da semana	Orientação do semáforo			Total n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Segunda-feira	712 (42,2)	353 (20,9)	624 (36,9)	1.689 (21,2)
Terça-feira	651 (43,9)	283 (19,1)	550 (37,1)	1.484 (18,6)
Quarta-feira	705 (44,5)	314 (19,8)	565 (35,7)	1.584 (19,8)
Quinta-feira	682 (42,9)	344 (21,6)	564 (35,5)	1.590 (19,9)
Sexta-feira	666 (40,7)	353 (21,6)	616 (37,7)	1.635 (20,5)
Total	3.416 (42,8)	1.647 (20,6)	2.919 (36,6)	7.982 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

É possível verificar, na Tabela 3, que a segunda-feira foi o dia da semana que apresentou maior movimentação de veículos. Dos 1.689 veículos que transitaram na Avenida Minas Gerais vindos do Mergulhão, 712 motoristas (42,2% desse total) convergiu para a esquerda, na rua Sete de Setembro, em direção ao Hospital. Ainda, 353 veículos (20,9%) seguiram em frente na avenida rumo à Praça Serra Lima e outros 624 (36,9%) viraram à direita na rua Sete de Setembro sentido *Shopping Center*.

Conclui-se, ainda na Tabela 3, que foram registrados um total de 7.982 veículos que transitaram durante a semana e no intervalo de 07:00 e 09:00 horas da manhã.

Com as informações disponibilizadas nessa tabela foi possível determinar a proporcionalidade de cada semáforo em relação ao total de veículos. Dessa forma, do total de veículos que vêm do Mergulhão, cerca de 43% deles utilizam o semáforo 2 e convergem à esquerda enquanto os 57% restantes ou convergem à direita sentido *Shopping* (36,6%) ou seguem em frente sentido Praça Serra Lima (20,6%).

Merecem destaque nessa contagem as quantidades de caminhões e ônibus registradas. Tal fato pode impactar no modelo de simulação uma vez que o comprimento e aceleração dos mesmos pode interferir na velocidade do trânsito. Assim sendo, as Tabelas 4 e 5 detalham os registros desses veículos, vindos do Mergulhão.

**Tabela 4** – Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão-Centro.

Dias da semana	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	10 (71,4)	2 (14,3)	2 (14,3)	14 (16,9)
3ª feira	6 (33,3)	4 (22,2)	8 (44,4)	18 (21,7)
4ª feira	2 (11,1)	8 (44,4)	8 (44,4)	18 (21,7)
5ª feira	6 (33,1)	5 (27,8)	7 (38,9)	18 (21,7)
6ª feira	6 (40,0)	4 (26,7)	5 (33,3)	15 (18,1)
Total	30 (36,1)	23 (27,7)	30 (36,1)	83 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Observa-se, na Tabela 4, que o maior volume de trânsito de caminhões ocorreu nas terças, quartas e quintas-feiras (54 ao todo, 18 em cada dia), e que as maiores quantidades de conversões durante a semana se deu à esquerda e à direita, com 30 cada um.

**Tabela 5** – Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas.

Dias da semana	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	29 (90,6)	1 (3,1)	2 (6,3)	32 (20,4)
3ª feira	27 (90,0)	1 (3,3)	2 (6,7)	30 (19,1)
4ª feira	28 (90,3)	1 (3,2)	2 (6,5)	31 (19,7)
5ª feira	29 (90,6)	1 (3,1)	2 (6,3)	32 (20,4)
6ª feira	29 (90,6)	1 (3,1)	2 (6,3)	32 (20,4)
Total	142 (90,4)	5 (3,2)	10 (6,4)	157 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Já na Tabela 5, constata-se que a maioria dos ônibus que passou pelo Mergulhão durante a semana convergiu para a esquerda (142 ocorrências) entre as 07:00 e 09:00 horas da manhã.

De posse do levantamento das informações de todos os carros, ônibus e caminhões que transitaram do Mergulhão até o semáforos 1 e 2, montou-se a Tabela 6 com o objetivo de mostrar todas as quantidades e percentuais de ocupação de cada um dos meios de locomoção.

Ressalta-se que as motos não foram consideradas no estudo devido à dificuldade em coletar os seus números e em função de as mesmas praticamente não ocuparem vagas no trânsito. Ou seja, os motociclistas transitavam entre os veículos e paravam na frente do semáforo, não causando impacto significativo nas filas e movimentações.

**Tabela 6** – Modelo geral do fluxo de veículos que passa pelo Mergulhão e se depara com os semáforos 1 e 2.

Veículo	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Automóvel	3.244 (41,90)	1.619 (20,91)	2.879 (37,19)	7.742 (96,99)
Ônibus	142 (90,45)	5 (3,18)	10 (6,37)	157 (1,97)
Caminhão	30 (36,14)	23 (27,71)	10 (36,14)	83 (1,04)
Total	3.416 (42,80)	1.647 (20,63)	2.919 (36,57)	7.982 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Na Tabela 6 é possível verificar que, durante o período de coleta (segunda a sexta-feira), do total de veículos automotores que passaram pelo Mergulhão com destino ao cruzamento, 97% se referiu a automóveis, 2% a ônibus e 1% a caminhões. Dada a enorme representação dos carros, percebe-se que 42% deles fazem a conversão à esquerda – em direção ao Hospital, 37% viram à direita – em direção ao *Shopping Center*, e os 21% restantes seguem em frente, rumo à Praça Serra Lima.

#### 4.3.2 Dados coletados de veículos vindos da rua Sete de Setembro

A segunda etapa do processo de análise do fluxo de veículos compreendeu o fluxo dos mesmos na rua Sete de Setembro, deparando-se com os semáforos 3 e 4.

Seguindo a mesma forma de raciocínio da análise anterior, buscou-se verificar as quantidades diárias de veículos que por lá transitavam (TAB. 7), as quantidades de caminhões e ônibus (TAB. 8 e 9, respectivamente) e, por fim, o modelo geral do fluxo de veículos que transitavam pela rua Sete de Setembro e se deparavam com os semáforos 3 e 4. As três tabelas acima mencionadas são mostradas a seguir.

**Tabela 7** – Quantidade de veículos vindos da rua Sete de Setembro das 07:00 às 09:00 horas.

Dia da semana	Orientação do semáforo			Total n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Segunda-feira	57 (6,6)	586 (67,8)	221 (25,6)	864 (20,8)
Terça-feira	47 (5,8)	585 (71,8)	183 (22,5)	815 (19,6)
Quarta-feira	50 (6,3)	548 (68,5)	201 (25,2)	799 (19,2)
Quinta-feira	43 (5,3)	551 (68,5)	210 (26,1)	804 (19,2)
Sexta-feira	47 (5,4)	612 (70,3)	211 (24,3)	870 (21,0)
Total	244 (5,9)	2.882 (69,4)	1.026 (24,7)	4.152 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).



Constata-se, na Tabela 7, que as maiores ocorrências de fluxo de veículos se deu na segunda e na sexta-feira, e que os veículos seguiram a rua em frente (sentido *Shopping Center*) em aproximadamente 69% dos casos. Ademais, observa-se que transitaram no total 4.152 veículos durante o período de segunda a sexta-feira entre 07:00 e 09:00 horas.

Ressalta-se que semáforo 3 também permite a conversão à direita rumo, ao Mergulhão (avenida Minas Gerais) e que o semáforo 4 permite que o condutor siga em frente ou vire à esquerda, na avenida Minas Gerais sentido Praça Serra Lima.

Com as informações da Tabela foi possível determinar a proporcionalidade dos semáforos 3 e 4 em relação ao total de veículos. Dessa forma, do total de veículos que transitam na rua Sete de Setembro sentido Avenida Minas Gerais, cerca de 6% da população optou por convergir à esquerda, 25% à direita e 69% seguiu em frente.

Já em relação às quantidades de caminhões e ônibus que passaram na rua durante o período de observação, os desmembramentos dos mesmos e a relação de conversões são mostradas nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8** – Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na rua Sete de Setembro.

Dias da semana	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	0 (0,0)	13 (86,7)	2 (13,3)	15 (25,4)
3ª feira	0 (0,0)	14 (77,8)	4 (22,2)	18 (30,5)
4ª feira	0 (0,0)	8 (80,0)	2 (20,0)	10 (16,9)
5ª feira	0 (0,0)	8 (100,0)	0 (0,0)	8 (13,6)
6ª feira	0 (0,0)	8 (100,0)	0 (0,0)	8 (13,6)
Total	0 (0,0)	51 (86,4)	8 (13,6)	59 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Verifica-se na Tabela 8 que nenhum caminhão que parou no semáforo 3 ou 4 fez conversão para a esquerda, sentido Centro da cidade. Esse automotor teve maior representatividade na terça-feira, onde 78% do total desse dia seguiu em frente e 22% convergiu à direita, na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão. Observa-se, ainda que a grande maioria dos caminhões seguiu em frente sentido *Shopping Center* (86,4% dos casos).

**Tabela 9** – Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas.

Dias da semana	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	0 (0,0)	3 (10,0)	27 (90,0)	30 (21,4)
3ª feira	0 (0,0)	3 (10,7)	25 (89,3)	28 (20,0)
4ª feira	0 (0,0)	3 (10,7)	25 (89,3)	28 (20,0)
5ª feira	0 (0,0)	3 (10,3)	26 (89,7)	29 (20,7)
6ª feira	0 (0,0)	3 (12,0)	22 (88,0)	25 (17,9)
Total	0 (0,0)	15 (10,7)	125 (89,3)	140 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Observa-se na Tabela 9 uma certa constância nas quantidades de ônibus que transitaram no período de observação (cerca de 28 ocasiões), e que a grande maioria (89% dos casos) converge à direita para a avenida Minas Gerais sentido Mergulhão.

Dadas as características que envolvem os semáforos 3 e 4, também montou-se a Tabela 10 com o objetivo de mostrar todas as quantidades e percentuais de ocupação de cada um dos meios de locomoção nessa rua.

**Tabela 10** – Modelo geral do fluxo de veículos que passa pela rua Sete de Setembro e se depara com os semáforos 3 e 4.

Veículo	Orientação do semáforo			Total, n (%)
	Esquerda, n (%)	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Automóvel	244 (6,17)	2.816 (71,24)	893 (22,59)	3.953 (95,21)
Ônibus	0 (0,00)	15 (10,71)	125 (89,29)	140 (3,37)
Caminhão	0 (0,00)	51 (86,44)	8 (13,56)	59 (1,42)
Total	244 (5,88)	2.882 (69,41)	1.026 (24,71)	4.152 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Verifica-se, na Tabela 10, que a maioria dos veículos seguem em frente (69,41% dos casos) enquanto boa parte deles opta por convergir à direita (24,71%), entrando na avenida Minas Gerais sentido Mergulhão. Os automóveis, em especial, seguem o mesmo padrão.

#### 4.3.3 *Dados coletados de veículos na avenida Minas Gerais, vindos da Praça Serra Lima*

O raciocínio continua o mesmo para as coletas de dados realizada agora do outro lado da avenida Minas Gerais, onde os veículos vêm da Praça Serra Lima. A Tabela 11 mostra a quantidade de veículos que passou durante o período de observação, as Tabelas 12 e 13 desmembram os totais de caminhões e ônibus, respectivamente, e a Tabela 14 mostra o fluxo geral de veículos que passa na referida avenida e se depara com o semáforo 5.

**Tabela 11** – Quantidade de veículos transitando na avenida Minas Gerais e vindos da Praça Serra Lima entre 07:00 e 09:00 horas.

Dia da semana	Orientação do semáforo		Total n (%)
	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Segunda-feira	490 (78,0)	138 (22,0)	628 (19,9)
Terça-feira	498 (76,9)	150 (23,1)	648 (20,5)
Quarta-feira	474 (78,3)	131 (21,7)	605 (19,2)
Quinta-feira	533 (79,1)	141 (20,9)	674 (21,4)
Sexta-feira	472 (78,8)	127 (21,2)	599 (19,0)
Total	2.467 (78,2)	687 (21,8)	3.154 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

**Tabela 12** – Quantidade de caminhões e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão.

Dias da semana	Orientação do semáforo		Total, n (%)
	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	8 (88,0)	2 (20,0)	10 (24,4)
3ª feira	8 (88,9)	1 (11,1)	9 (22,0)
4ª feira	7 (87,5)	1 (12,5)	8 (19,5)
5ª feira	5 (71,4)	2 (28,6)	7 (17,1)
6ª feira	6 (85,7)	1 (14,3)	7 (17,1)
Total	34 (82,9)	7 (17,1)	41 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

**Tabela 13** – Quantidade de ônibus e sentidos de conversão entre 07:00 e 09:00 horas na Avenida Minas Gerais sentido Mergulhão.

Dias da semana	Orientação do semáforo		Total, n (%)
	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
2ª feira	1 (100,0)	0 (0,0)	1 (14,3)
3ª feira	2 (100,0)	0 (0,0)	2 (28,6)
4ª feira	1 (100,0)	0 (0,0)	1 (14,3)
5ª feira	1 (100,0)	0 (0,0)	1 (14,3)
6ª feira	2 (100,0)	0 (0,0)	2 (28,6)
Total	7 (100,0)	0 (0,0)	7 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

**Tabela 14** – Modelo geral do fluxo de veículos que passa pela avenida Minas Gerais e se depara com o semáforo 5.

Veículo	Orientação do semáforo		Total, n (%)
	Frente, n (%)	Direita, n (%)	
Automóvel	2.426 (78,11)	680 (21,89)	3.106 (98,48)
Ônibus	7 (100,00)	0 (0,00)	7 (0,22)
Caminhão	34 (82,93)	7 (17,07)	41 (1,30)
Total	2.467 (78,22)	687 (21,78)	3.154 (100,0)

Fonte: Autoria própria (2018).

Para esse último fluxo, observa-se que os veículos que vêm da Praça Serra Lima e se deparam com o semáforo 5 são impedidos de convergir à esquerda. Assim, a definição desses percentuais em função dos sentidos de chegada dos veículos permite construir o modelo no *software* Arena com bastante fidelidade.

#### **4.4 Detalhamento do Modelo**

Quanto mais detalhado o modelo de simulação, melhor. Não existe uma única forma de se elaborar um modelo computacional, existe apenas o modelo feito pelo responsável. Tudo depende dele e, dependendo do grau de detalhamento, o modelo fornecerá mais ou menos dados que sejam de relevância para o estudo.

Até esse momento, procurou-se descrever o comportamento diário e até mesmo semanal dos veículos automotores que participaram do processo de contagem. Assim, poder-se-ia fazer simulações diárias ou semanais, e todas elas com maior ou menor grau de acurácia.

Em relação ao estabelecimento dos processos decisórios quanto convergir à esquerda, à direita ou seguir em frente, dependerá das estatísticas de ocorrência de cada um dos casos.

Dessa forma, para esse trabalho, optou-se por adotar a seguinte convenção: dado o período total de análise (uma semana), para cada possibilidade permitida pelo semáforo, pegou-se a quantidade de cada veículo (automóvel, ônibus e caminhão) que passou pela indicação analisada (ex. conversão à direita) e dividiu-se pelo total de amostras que por lá passaram.

O autor desse trabalho optou por realizar de maneira a individualizar o modelo fazendo faixa por faixa dos semáforos, logo, é preciso uma análise individual dessas faixas de veículos em todos os sentidos obtendo, por exemplo, o percentual de automóveis na faixa da esquerda controlada pelo semáforo 2, ou seja, do total de veículos que passaram pela faixa da esquerda, é possível obter os totais de automóveis, ônibus e caminhões.

A Tabela 15 mostra todas as possibilidades de conversão habilitadas pelos semáforos, e principalmente os números e percentuais encontrados em cada uma delas.

**Tabela 15** – Quantidades e percentuais de utilização de cada meio de transporte de acordo com os semáforos analisados no cruzamento.

De/Para (n)	Veículo	Esquerda n (%)	Frente n (%)	Direita n (%)
Do Mergulhão para os semáforos 1 e 2 (7.982 veículos)				
	Automóveis	3.244 (94,96)	1.619 (98,30)	2.879 (98,63)
	Ônibus	142 (4,16)	5 (0,30)	10 (0,34)
	Caminhões	30 (0,88)	23 (1,40)	30 (1,03)
Da rua Sete de Setembro para os semáforos 3 e 4 (4.152 veículos)				
	Automóveis	244 (100,00)	2.816 (97,71)	893 (87,04)
	Ônibus	0 (0,00)	15 (0,52)	125 (12,18)
	Caminhões	0 (0,00)	51 (1,77)	8 (0,78)
Da Praça Serra Lima para o semáforo 5 (3.154 veículos)				
	Automóveis	-	2.426 (98,34)	680 (98,98)
	Ônibus	-	7 (0,28)	0 (0,00)
	Caminhões	-	34 (1,38)	7 (1,02)

Fonte: Autoria Própria (2018).

Os principais dados a serem utilizados na simulação se referem aos percentuais de cada conversão. Pode-se, assim, afirmar que, do total de 3.416 veículos que vieram do Mergulhão e viraram à esquerda (semáforo 2), 94,96% se refere a automóveis, 4,16% a ônibus e 0,88% a caminhões. Em sequência, dos 1.647 automotores que também vieram do Mergulhão e seguiram em frente, 98,30% se referem a automóveis, 0,30% a ônibus e 1,40% a caminhões. Repete-se o raciocínio ao longo da Tabela.

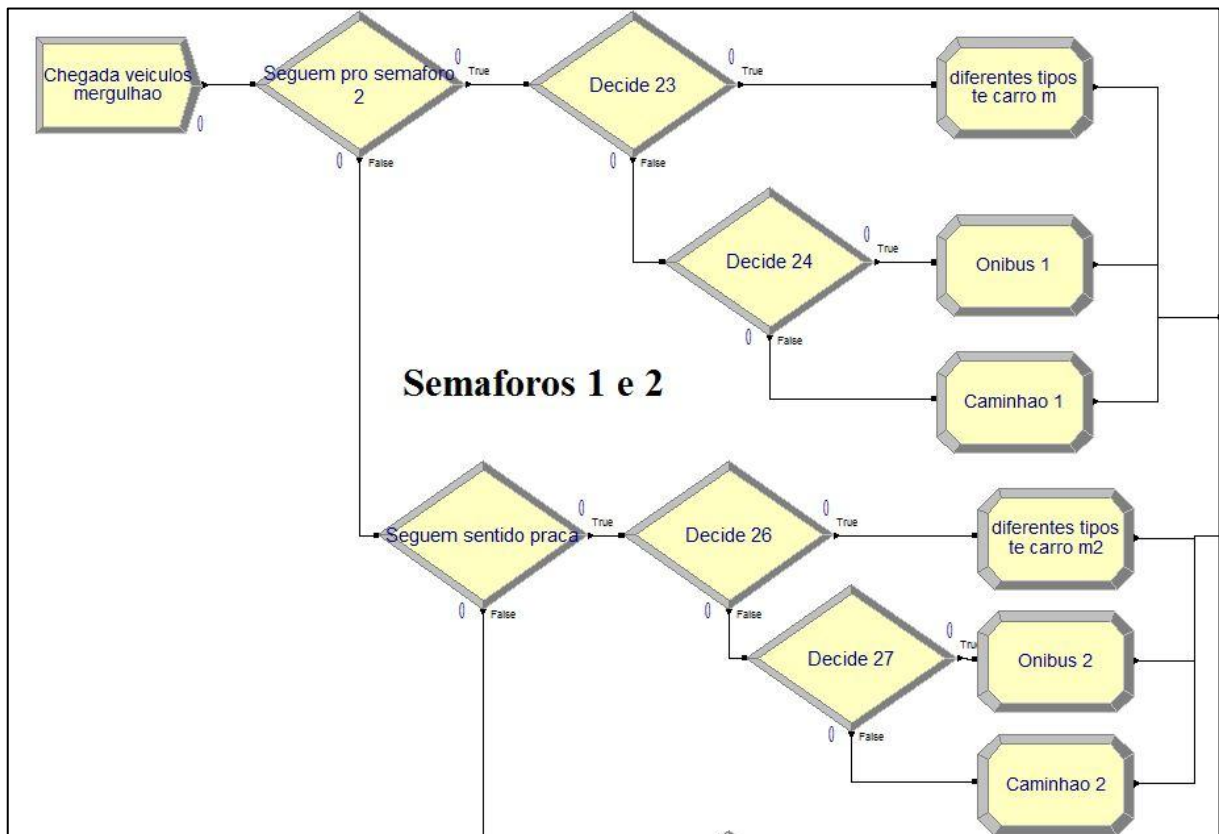
#### 4.5 Implementação do modelo no *software* Arena

Nesta etapa, é apresentado o modelo do cruzamento realizado no programa Arena versão 14.0. A programação é dividida nos três sentidos de chegada de veículos no cruzamento, ou seja, pelo mergulhão, pela Praça Serra Lima e pela Rua Sete de Setembro, também é apresentado à programação dos semáforos e a animação do cruzamento. Os blocos detalhados são exibidos no anexo deste projeto. Nesta etapa, sempre que for dito recurso entende-se por veículo.

##### 4.5.1 Modelo para veículos que saem do Mergulhão em direção aos semáforos 1 e 2

As Figuras 10 (a, b, c, d, e) apresentam a programação no Arena no sentido que advém do Mergulhão e entram no semáforo 1 ou 2. A Figura 10a abaixo inicia a programação.

**Figura 10a** – Programação para chegada de veículos que saem do Mergulhão parte 1.

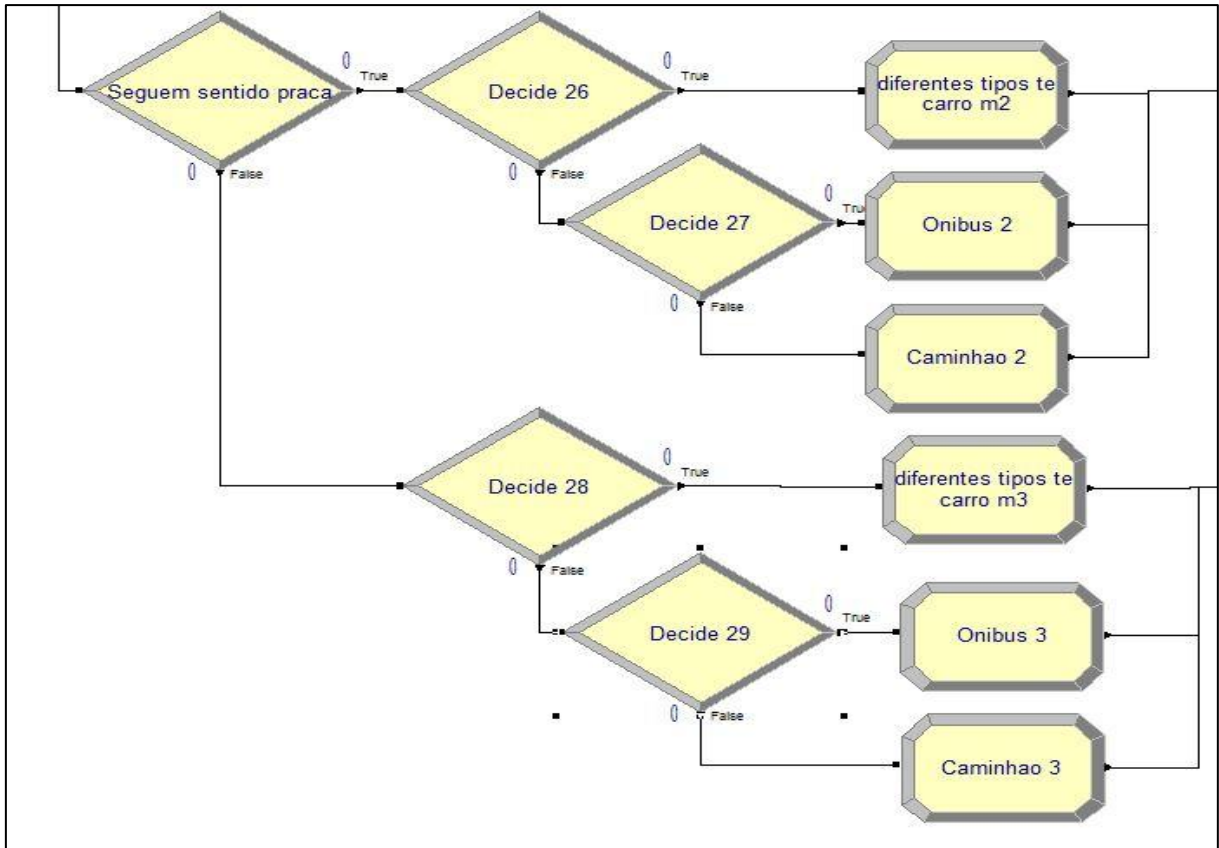


Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Na Figura 10a, ocorre a bifurcação da chegada dos veículos pelo Mergulhão entre os semáforos 1 e 2. Cerca de 43% dos veículos seguem para o semáforo 2. Desses 43%, cerca de 94,96% (*Decide 23*) dos veículos são automóveis, dos 5,04% restantes dos veículos, 4,16% são ônibus, logo 82,56% (*Decide 24*). Já os blocos *Assign* associam os recursos as imagens dos veículos (carro, ônibus e caminhão).

Ainda de acordo com a Figura 10a, dos 57% restantes que seguem para o semáforo 1 ('Seguem sentido praca'), 36% seguem em frente rumo a Praça Serra Lima, dos veículos que estão no semáforo 1, cerca de 98,30% são automóveis (*Decide 26*) e dos 1,70% restantes, 0,30% são ônibus e 1,40% são caminhões, ou seja, desse total (1,70%), cerca de 17,86% (*Decide 27*) são ônibus. A Figura 10b abaixo dá seguimento à programação.

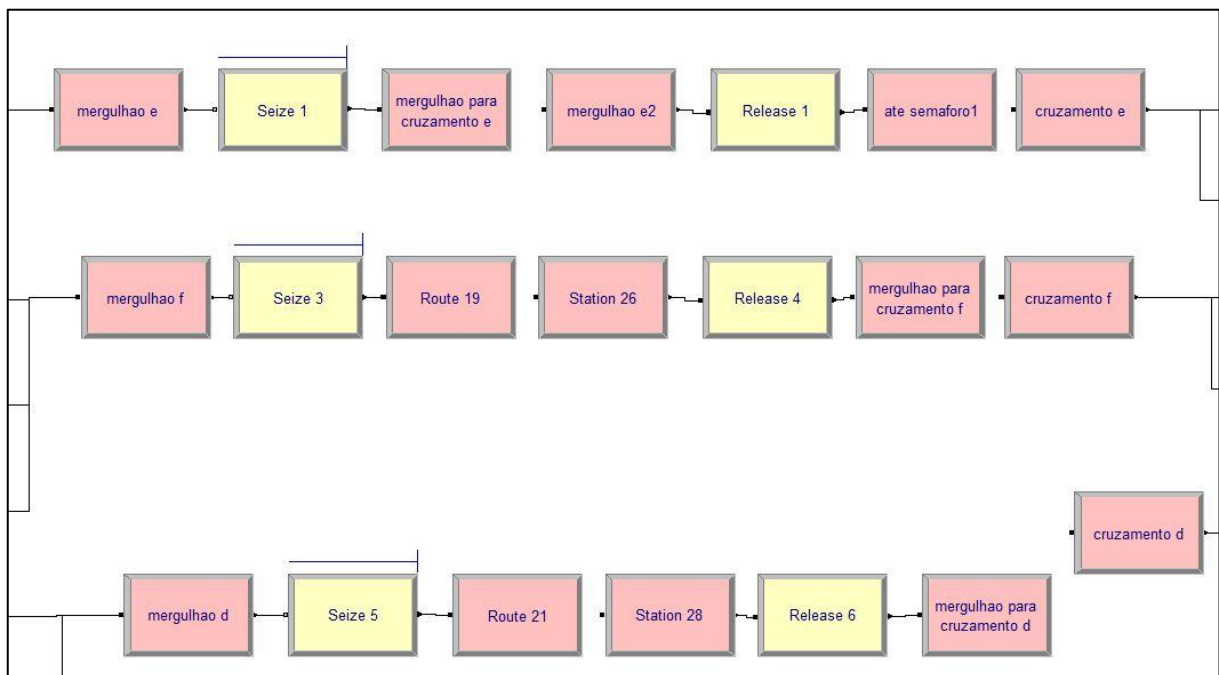
**Figura 10b** – Programação para chegada de veículos que saem do Mergulhão parte 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Continuando, a Figura 10b mostra o restante dos veículos (64%) que seguem no semáforo 1 para convergir a direita rumo ao *shopping Center* que advém do bloco 'Seguem sentido praca'. Destes veículos, cerca de 99,63% (*Decide 28*) são automóveis e dos 37% totais restantes, 25% (*Decide 29*) são ônibus e 75% caminhões.

**Figura 10c** – Início da programação do percurso dos veículos que vêm do Mergulhão.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

A Figura 10c mostra a continuação do modelo de veículos advindos do mergulhão. Os blocos da parte de cima da figura representam os veículos que seguem à esquerda pelo semáforo 2, os blocos do meio representam os que seguem em frente rumo a Praça Serra Lima e os blocos de baixo os que convergem à direita.

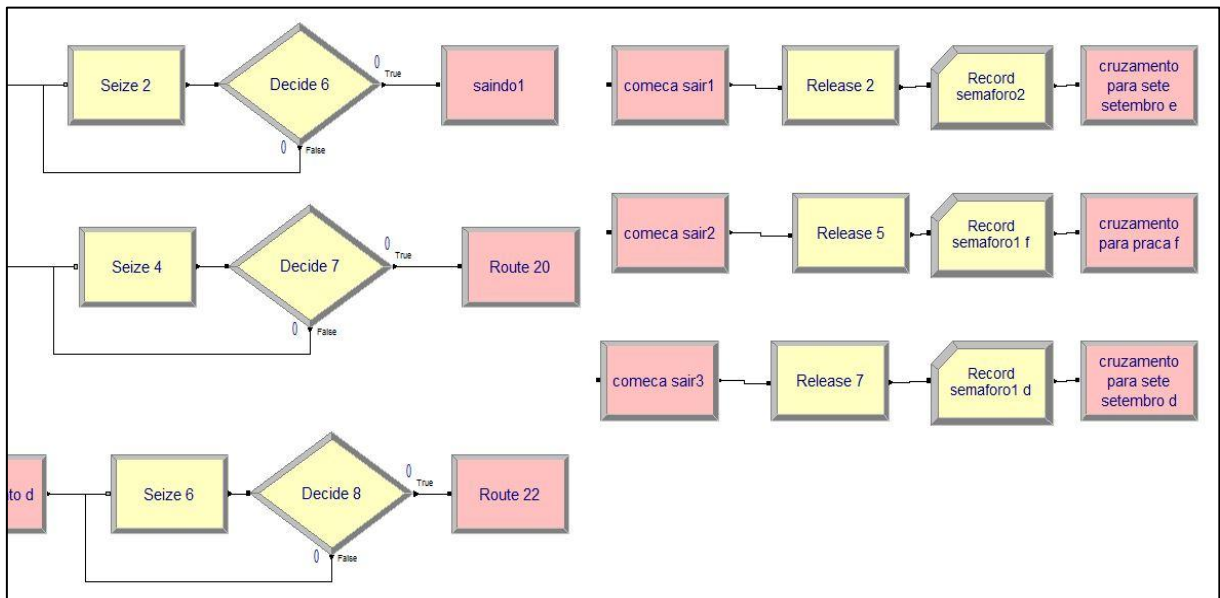
Os blocos em vermelho são utilizados para a animação. Os blocos ‘mergulhao e, mergulhao f, mergulhao d’ são o bloco *Station*, ele representa o início do caminho seguido pelos veículos. Os veículos ao passarem por esses blocos são conduzidos pelo bloco *Route* que o leva a outro bloco *Station* (mergulhao e2, *Station 26* e *Station 28*). Já os blocos *Seize* tem função de estabelecer uma fila de veículos e, no modelo, são utilizados para se criar um intervalo de tempo entre um veículo e outro, como se fosse uma “distância de segurança” entre eles e no modelo foi adotado por padrão 2 segundos (que é estabelecido pelo bloco *Route*). Esse processo ocorre devido às características do bloco *Seize* que permite a passagem do primeiro recurso (veículo) pelo bloco e para em uma fila os demais recursos. Em seguida, quando os veículos passam pelos blocos ‘mergulhao e2, *Station 26* e *Station 28*’ seguem para os blocos *Release* que tem a função de “ordenar” ao bloco *Seize* que libere o primeiro recurso da fila para seguir o caminho, ou seja, esse *loop* é contínuo. Partindo do bloco *Release*, segue para o próximo bloco *Station* ‘ate semáforo 1, mergulhao para cruzamento f, mergulhao para cruzamento d’ que a partir do bloco *Route* é conduzido até o ponto de parada no semáforo, o



tempo de percurso é colocado como 8 segundos totalizando o tempo de 10 segundos o percurso a partir do mergulhão até o local de parada dos veículos no semáforo, o mesmo do Hospital até o semáforo e da Praça Serra Lima até o semáforo.

A Figura 10d abaixo apresenta a continuação da lógica e a fila de cada faixa de pista parada pelos semáforos. Imagens de todos os blocos detalhados são apresentados no anexo deste estudo.

**Figura 10d** – Continuação da programação de veículos que saem do Mergulhão.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Continuando, na Figura 10d, os conjuntos de blocos *Seize* e blocos *Decide* formam as filas individuais de cada pista do sentido Mergulhão. Os blocos da parte de cima da figura representa a faixa da esquerda, ou seja, a faixa utilizada pelos veículos para convergir à esquerda (Semáforo 2) na Rua Sete de Setembro sentido Hospital. Os blocos do meio representa a faixa do centro regulado pelo Semáforo 1 e que permite os veículos seguirem em frente rumo a Praça Serra Lima. Os blocos de baixo representa a faixa da direita regulado pelo Semáforo 1 que permite aos veículos conversão à direita na Rua Sete de Setembro rumo ao *Shopping Center*. Nota-se que, os blocos *Seize* estão sem a linha azul acima dos blocos, essas linhas foram utilizadas (arrastadas) até o modelo animado para delimitar a fila em cada faixa, será apresentado na etapa da animação. Um fator interessante é a função do bloco *Decide* nesta etapa do modelo, devido a características do bloco *Seize* quando se inicia a fila o bloco libera o primeiro recurso (veículo) da fila automaticamente, isso não pode ocorrer em um semáforo, pois seria como se ao semáforo ficar vermelho (obrigando os veículos a parar) o

primeiro veículo da fila não respeitasse a obrigatoriedade de parada, por isso, o bloco *Decide* envia para fila o veículo que não respeitar a ordem de parada, que teria “Avançado o Sinal”.

Os blocos *Route* (*saindo1*, *Route 20* e *Route 22*) foram utilizados para estabelecer os dois segundos de distância de segurança entre os veículos ao começarem a se mover, os blocos também conduzem os veículos para os blocos *Station* (*começa sair1*, *começa sair2*, *começa sair3*) e os blocos *Station* (‘cruzamento e’, ‘cruzamento f’ e ‘cruzamento d’) foram posicionados imediatamente a frente no modelo animado.

Quando um recurso (veículo) passa pelos blocos *Release*, os blocos dão a ordem para os blocos *seize* liberarem o próximo veículo na fila e entre um veículo e outro há a distância de segurança de dois segundos (bloco *Route*). Com isso, os recursos seguem para o bloco *Record* que registra informações adicionais que são apresentadas no relatório do modelo no Arena, finalizando, os recursos seguem para o próximo bloco *Route* (‘cruzamento para sete setembro e’, ‘cruzamento para praça f’, ‘cruzamento para sete setembro d’).

A Figura 10e apresenta o fim da programação do modelo na etapa de saída do mergulhão rumo ao cruzamento no Semáforo 1 e Semáforo 2.

**Figura 10e** – Finalização da programação da saída do Mergulhão.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

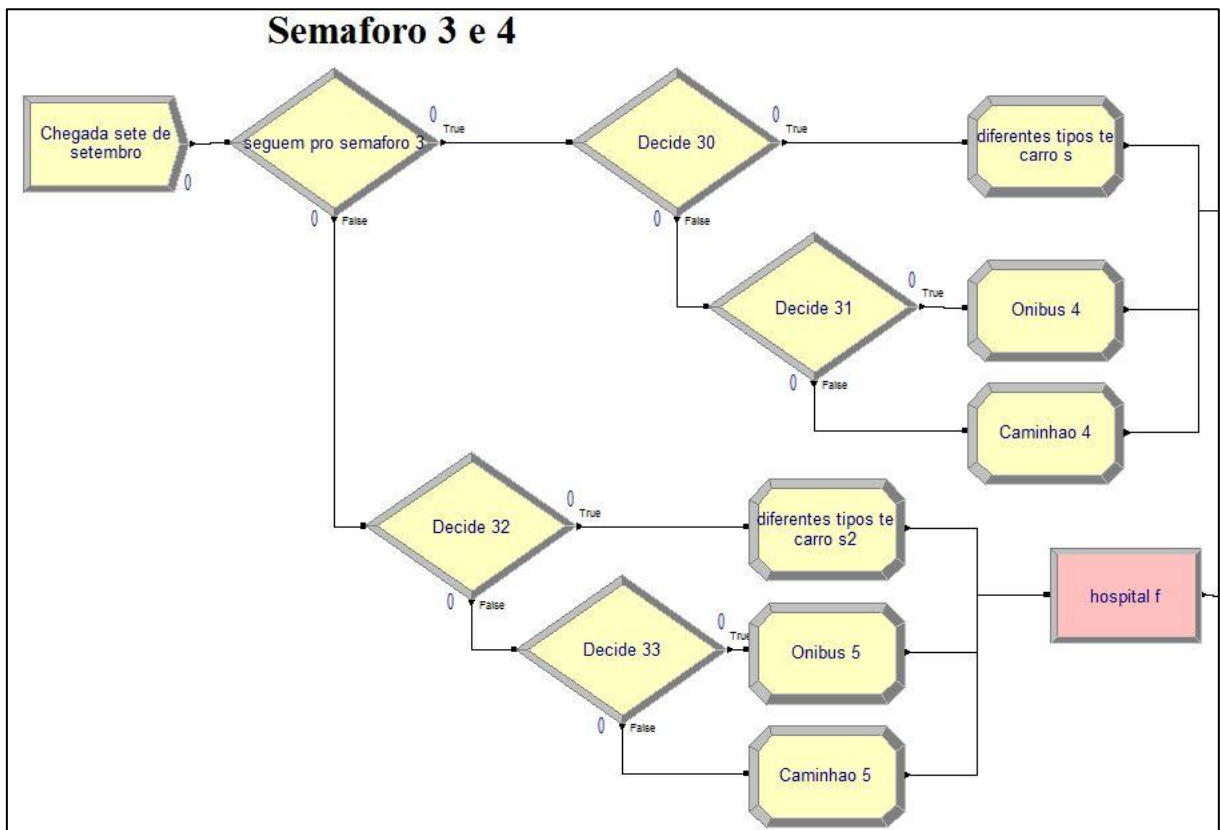
Os blocos *Route* (‘cruzamento para sete setembro e’, ‘cruzamento para praça f’, ‘cruzamento para sete setembro d’) conduzem os recursos, em um tempo de percurso de 13 segundos, para os blocos *Station* (‘sete setembro e’, ‘praça f’ e ‘sete setembro d’) que são

posicionados no final do caminho ao qual os recursos pretendem seguir (Hospital, Praça Serra Lima e rumo *Shopping Center*). Em seguida, são conduzidos para os blocos *Dispose* que por definição é utilizado para finalizar a lógica de um modelo.

#### 4.5.2 Modelo para a rua Sete de Setembro

As Figuras 11 (a, b, c, d) apresentam a programação no Arena no sentido que advém do Hospital pela Rua Sete de Setembro e entram no semáforo 3 ou 4. A Figura 11a abaixo inicia a programação.

**Figura 11a** – Início da programação da rua Sete de Setembro para os semáforos 3 e 4.

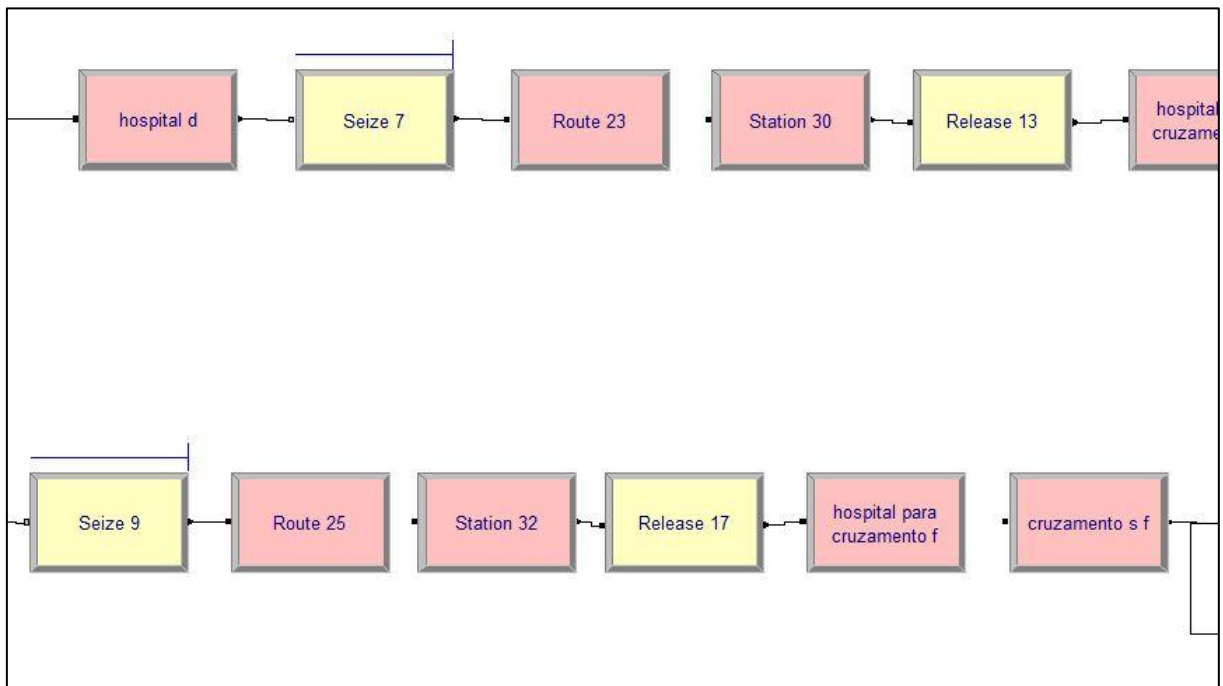


Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Na Figura 11a, ocorre a bifurcação da chegada dos veículos pela Rua Sete de Setembro entre os semáforos 3 e 4. Cerca de 25% dos veículos seguem para o semáforo 3. Desses 25%, cerca de 87,04% (*Decide 30*) dos veículos são automóveis, dos 12,96% restantes dos veículos, 12,18% são ônibus, logo 93,98% (*Decide 31*). Já os blocos *Assign* associa os recursos as imagens dos veículos (carro, ônibus e caminhão).

Ainda de acordo com a Figura 11a, dos 75% restantes que seguem para o semáforo 4 (Seguem sentido *Shopping Center* ou convergem à esquerda), cerca de 97,71% são automóveis (*Decide 32*) e dos 2,29% restantes, 0,52% são ônibus e 1,77% são caminhões, ou seja, desse total (2,29%), cerca de 22,71% (*Decide 33*) são ônibus. A Figura 11b abaixo dá seguimento à programação.

**Figura 11b** – Início da programação do percurso dos veículos na rua Sete de Setembro.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

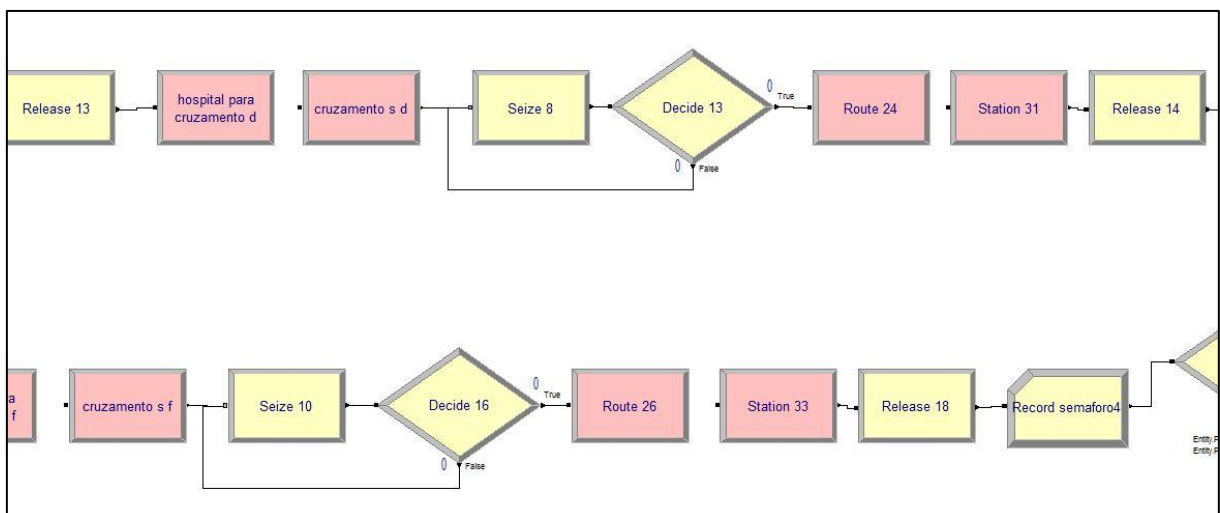
A Figura 11b mostra a continuação do modelo de veículos advindos do Hospital pela Rua Sete de Setembro. Os blocos da parte de cima da figura representam os veículos que seguem pela faixa da direita pelo semáforo 3 e os blocos de baixo são os que seguem pela faixa da esquerda e permite aos veículos seguirem reto na rua e convergir à esquerda.

Os blocos em vermelho são utilizados para a animação. O bloco ‘hospital d’ e o bloco da figura anterior ‘hospital f’ são blocos *Station*, ele representa o início do caminho seguido pelos veículos (o ponto de partida). Os veículos ao passarem por esses blocos são conduzidos pelos blocos *Route* (*Route 23*, *Route 25*) que os leva a outros blocos *Station* (*Station 30*, *Station 32*). Já os blocos *Seize* tem função de estabelecer uma fila (inicial) de veículos e, no modelo, essas filas são utilizadas para se criar um intervalo de tempo entre um veículo e outro, como se fosse uma “distância de segurança” entre eles e no modelo foi adotado por padrão 2 segundos (que é estabelecido no bloco *Route*). Esse processo ocorre devido às

características do bloco *Seize* que permite a passagem do primeiro recurso pelo bloco e para em uma fila os demais recursos. Em seguida, quando os veículos passam pelos blocos *Station* seguem para os blocos *Release* que tem a função de “ordenar” ao bloco *Seize* que libere o primeiro recurso da fila para seguir o caminho, ou seja, esse *loop* é contínuo. Partindo do bloco *Release*, segue para o próximo bloco *Station* (cruzamento s d, cruzamento s f) a partir do bloco *Route* (hospital para cruzamento d, hospital para cruzamento f) que é conduzido até o ponto de parada no semáforo, o tempo de percurso é colocado como 8 segundos totalizando o tempo de 10 segundos (8 mais os 2 segundos de distância de segurança) o percurso a partir do Hospital na Rua Sete de Setembro até o local de parada dos veículos nos semáforos.

A Figura 11c abaixo apresenta a continuação da lógica e a fila de cada faixa de pista de parada pelos semáforos.

**Figura 11c** – Programação de parada dos veículos nos semáforos 3 e 4 na rua Sete de Setembro.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

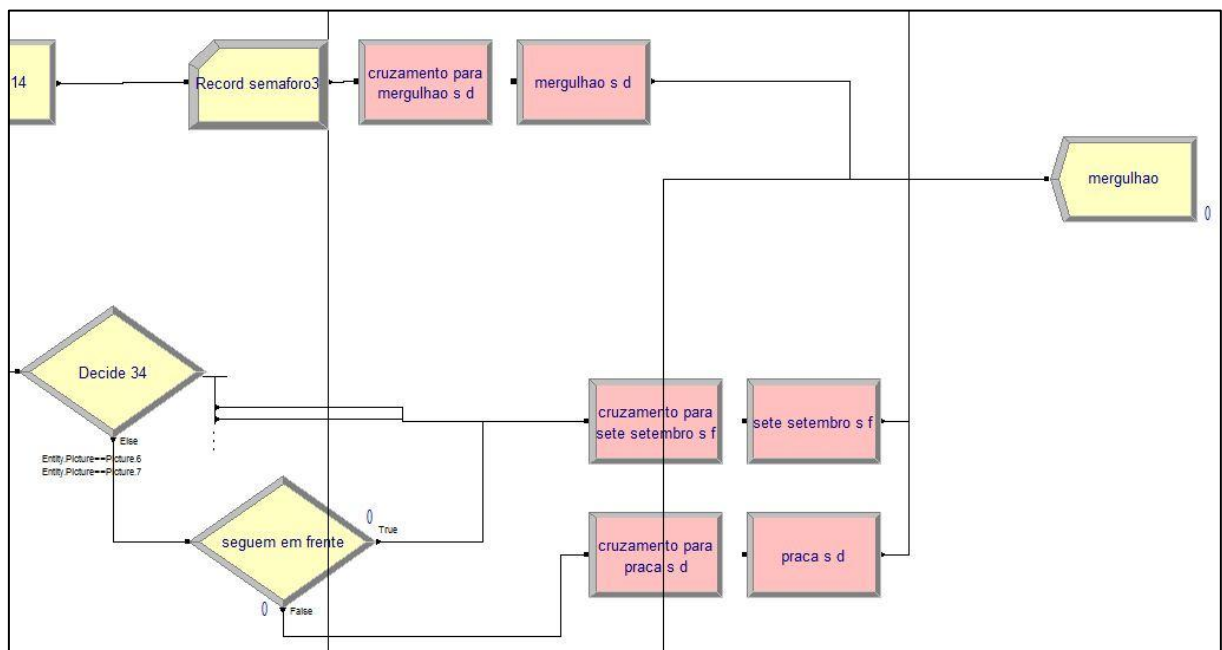
Continuando, na Figura 11c, os conjuntos de blocos *Seize* e blocos *Decide* formam as filas individuais de cada pista do sentido Rua Sete de Setembro para os semáforos 3 e 4. Os blocos da parte de cima da figura representa a faixa da direita, ou seja, a faixa utilizada pelos veículos para convergir à direita (Semáforo 3) na Rua Sete de Setembro sentido Mergulhão. Os blocos de baixo representa a faixa da esquerda regulado pelo Semáforo 4 e que permite os veículos seguirem em frente rumo o *Shopping Center* e convergir à esquerda rumo a Praça Serra Lima. Nota-se que, os blocos *Seize* estão sem a linha azul acima dos blocos, essas linhas foram utilizadas (arrastadas) no modelo animado para delimitar a fila em cada faixa, será

apresentado na etapa da animação. Um fator interessante é a função do bloco *Decide* nesta etapa do modelo, devido a características do bloco *Seize* quando se inicia a fila o bloco libera o primeiro recurso da fila automaticamente, isso não pode ocorrer em um semáforo, pois seria como se quando o semáforo ficar vermelho (obrigando os veículos a parar) o primeiro veículo da fila não respeitasse a obrigatoriedade de parada, por isso, o bloco *Decide* envia para fila o veículo que “não respeitar a ordem de parada”, que teria “Avançado o Sinal”.

Os blocos *Route* (*Route 24* e *Route 26*) foram utilizados para estabelecer os dois segundos de distância de segurança entre os veículos ao começarem a se mover, os blocos também conduzem os veículos para os blocos *Station* (*Station 31* e *Station 33*). Quando um recurso passa pelos blocos *Release*, os blocos dão a ordem para os blocos *seize* liberarem o próximo veículo na fila e entre um veículo e outro há a distância de segurança de dois segundos (bloco *Route*). Com isso, os recursos seguem para o bloco *Record* que registra informações adicionais que são apresentadas no relatório do modelo no Arena.

A Figura 11d apresenta o fim da programação do modelo na etapa da Rua Sete de Setembro advinda do Hospital rumo ao cruzamento no Semáforo 3 e Semáforo 4.

**Figura 11d** – Finalização da programação na rua Sete de Setembro.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

Na Figura 11d os veículos seguindo pela faixa da direita são conduzidos por um bloco *Route* (cruzamento para mergulhao s d) até o bloco *Station* (mergulhao s d). O bloco *Route* é

programado com treze segundos que é considerado o tempo de percurso a partir da saída do semáforo até o Mergulhão. Essa programação é finalizada no bloco *Dispose* (mergulhao).

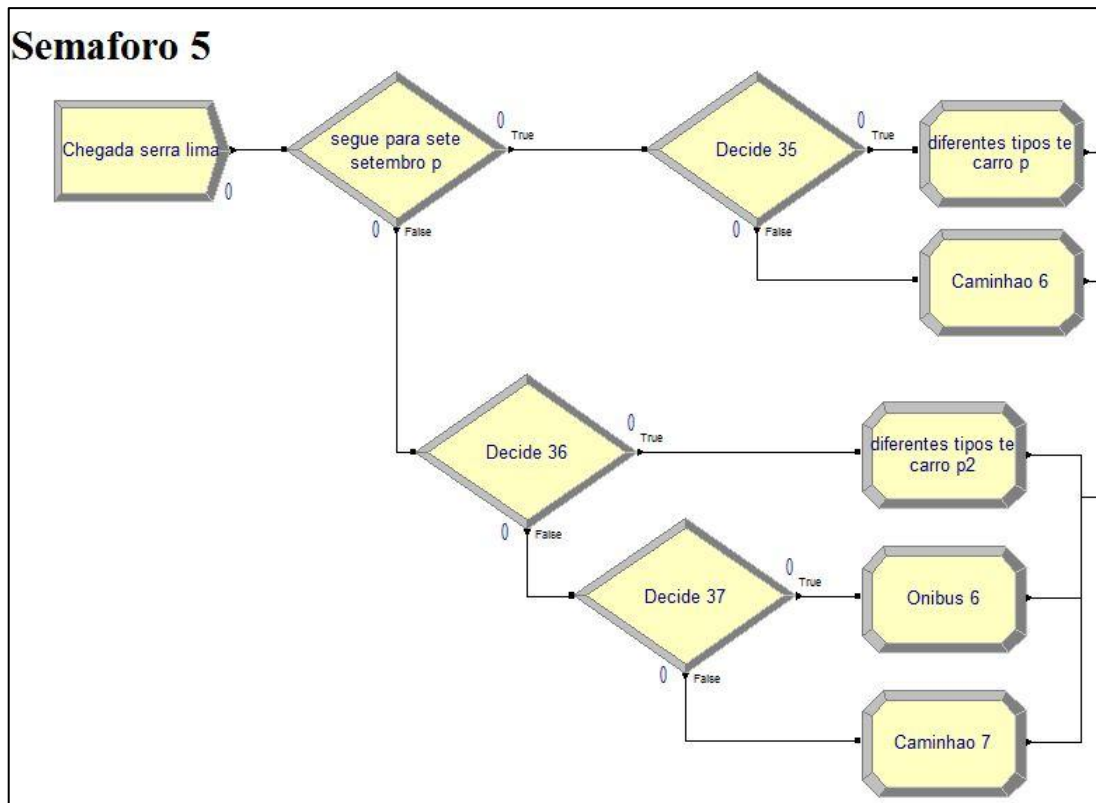
Já a parte de baixo, os recursos do bloco *Record* seguem para o bloco *Decide* (Decide 34), este bloco tem a função de impedir que ônibus e caminhões convergissem a esquerda no Semáforo 4 porque ao verificar a Tabela 8, percebe-se que, durante o período de coleta de dados, não houve a conversão de ônibus e caminhões a esquerda rumo a Praça Serra Lima. O bloco *Decide* 34 tem a função de verificar se o recurso ao passar por ele, esse recurso é atribuído à imagem de um ônibus ou caminhão (*Picture.6*, *Picture.7*), ou seja, esse bloco verifica se o recurso é um ônibus ou caminhão e se for envia para seguir em frente ('cruzamento para sete setembro s f' e 'sete setembro s f') na Sete de Setembro rumo ao *Shopping Center*, se o recurso for automóvel, segue para o *Decide* (seguem em frente). Essas imagens atribuídas aos recursos são apresentadas na etapa de animação.

No bloco *Decide* (seguem em frente) 92% dos automóveis seguem em frente na Sete de Setembro rumo ao *Shopping Center* (cruzamento para sete setembro s f) e 8% convergem à esquerda rumo a Praça Serra Lima (cruzamento para praça s d). Os blocos *Route* ('Cruzamento para sete setembro s f' e 'cruzamento para praça s d') são configurados em treze segundos de percurso até os blocos *Station* ('sete setembro s f' e 'praça s d'). Do bloco *Station* 'sete setembro s f', os recursos seguem para o bloco *Dispose* 'sete de setembro shopping' (Figura 10e), já o bloco *Station* 'praça s d' segue para o bloco *Dispose* 'Praça Serra Lima' (Figura 10e), onde é finalizado a programação do semáforo 4.

#### **4.5.3 Modelo para a avenida Minas Gerais de veículos vindos da Praça Serra Lima**

As Figuras 12 (a, b, c, d) apresentam a programação no Arena no sentido que advém da Praça Serra Lima na Avenida Minas Gerais e entra no semáforo 5. A Figura 12a abaixo inicia a programação.

**Figura 12a** – Início da programação no sentido Praça Serra Lima – semáforo 5.



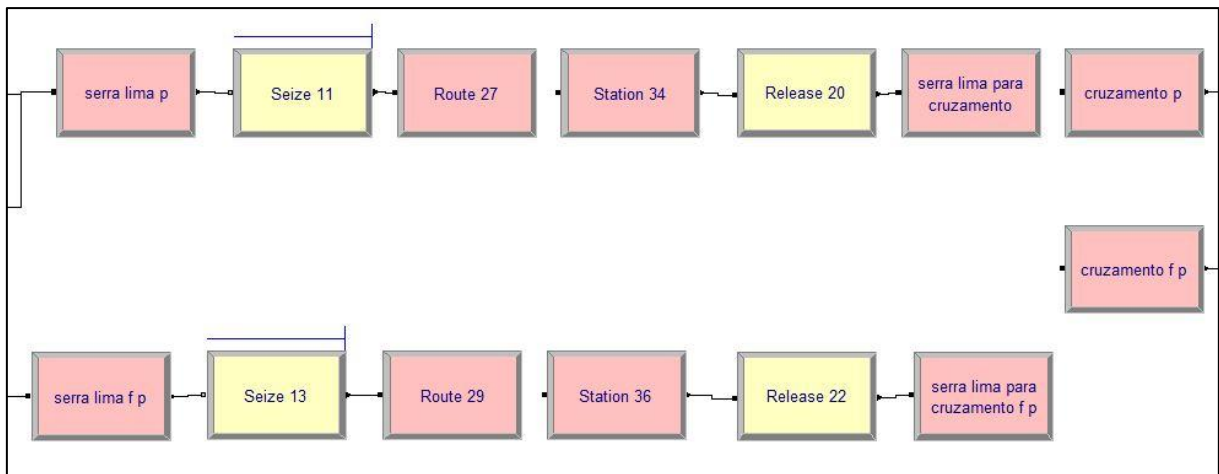
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Na Figura 12a, ocorre a bifurcação da chegada dos veículos pela Praça Serra Lima no semáforo 5. Cerca de 22% dos veículos convergem à direita na Rua Sete de Setembro rumo ao Hospital. Desses 22%, cerca de 98,98% (*Decide 35*) dos veículos são automóveis e os restantes são caminhões, uma vez que, não foram registrados, durante o período de coleta de dados, a passagem de ônibus convergindo à direita. Já os blocos *Assign* associa os recursos as imagens dos veículos (carros e caminhões).

Ainda, de acordo com a Figura 12a, dos 78% restantes que seguem em frente, no semáforo 5, rumo ao Mergulhão, cerca de 98,34% são automóveis (*Decide 32*) e dos 1,66% restantes, 0,28% são ônibus e 1,38% são caminhões, ou seja, desse total (1,66%), cerca de 17,07% (*Decide 37*) são ônibus. A Figura 12b abaixo dá seguimento à programação.



**Figura 12b** – Início da programação do percurso dos veículos vindos da Praça Serra Lima.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

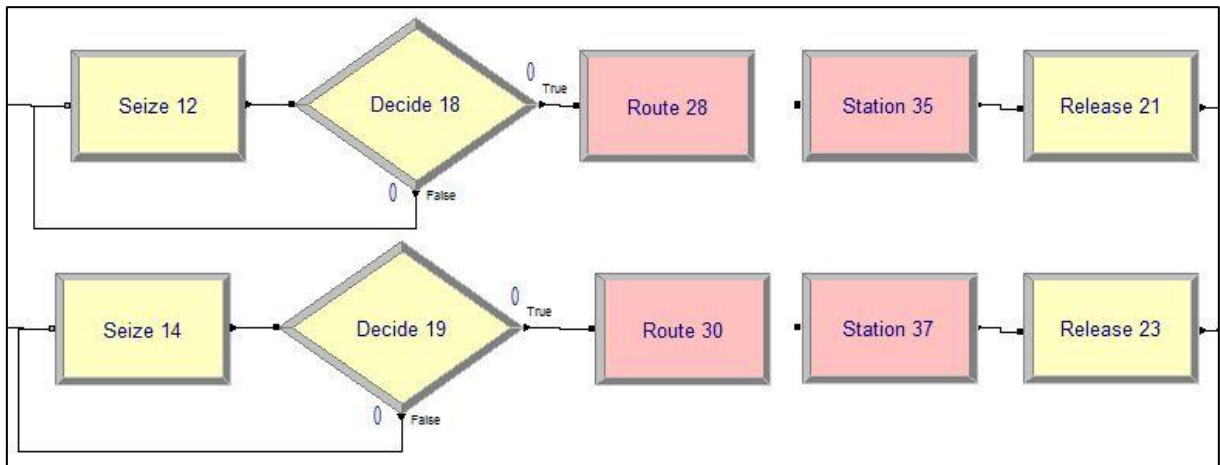
A Figura 12b mostra a continuação do modelo de veículos advindos da Praça Serra Lima na Avenida Minas. Os blocos da parte de cima da figura representam o caminho percorrido (pela faixa da direita da via) pelos veículos que convergirão à direita na Rua Sete de Setembro pelo semáforo 5 e os blocos de baixo são os que seguem pela faixa da esquerda e permite aos veículos seguirem reto na avenida rumo ao Mergulhão.

Os blocos em vermelho são utilizados para a animação. O bloco ‘serra lima p’ e o bloco ‘serra lima f p’ são blocos *Station*, eles representam o início do caminho seguido pelos veículos (o ponto de partida). Os veículos ao passarem por esses blocos são conduzidos pelos blocos *Route* (*Route 27* e *Route 29*) que os leva a outros blocos *Station* (*Station 34*, *Station 36*). Já os blocos *Seize* tem função de estabelecer uma fila (inicial) de veículos e, no modelo, essas filas são utilizadas para se criar um intervalo de tempo entre um veículo e outro, como se fosse uma “distância de segurança” entre eles e no modelo foi adotado por padrão 2 segundos (que é estabelecido no bloco *Route*). Esse processo ocorre devido às características do bloco *Seize* que permite a passagem do primeiro recurso pelo bloco e para em uma fila os demais recursos. Em seguida, quando os veículos passam pelos blocos *Station* seguem para os blocos *Release* que tem a função de “ordenar” ao bloco *Seize* que libere o primeiro recurso da fila para seguir o caminho e esse recurso ao passar pelo bloco *Release* ordena que libere o que assumiu sua posição de primeiro na fila para seguir o caminho, ou seja, esse *loop* é contínuo. Partindo do bloco *Release*, segue para o próximo bloco *Station* (cruzamento p, cruzamento f p) a partir do bloco *Route* (serra lima para cruzamento, serra lima para cruzamento f p) que é conduzido até o ponto de parada no semáforo, o tempo de percurso é colocado como 8 segundos totalizando o tempo de 10 segundos (8 mais os 2 segundos de distância de

segurança) o percurso a partir da Praça Serra Lima até o local de parada dos veículos nos semáforos.

A Figura 12c abaixo apresenta a continuação da lógica e a fila de cada faixa de pista de parada pelo semáforo.

**Figura 12c** – Programação das paradas do semáforo 5 na avenida Minas Gerais.



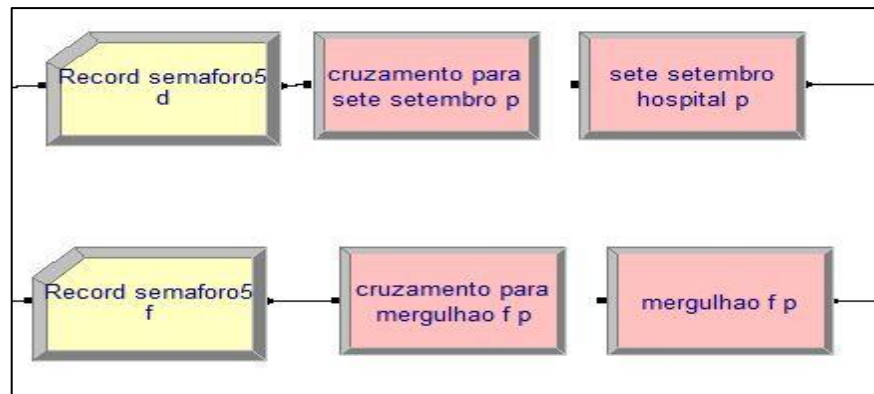
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Na Figura 12c, os conjuntos de blocos *Seize* e blocos *Decide* formam as filas individuais de cada pista do sentido Avenida Minas Gerais para o semáforo 5. Os blocos da parte de cima da figura representa a faixa da direita, ou seja, a faixa utilizada pelos veículos para convergir à direita na Rua Sete de Setembro sentido Hospital. Os blocos de baixo representa a faixa da esquerda regulado também pelo Semáforo 5 e que permite os veículos seguirem em frente rumo o Mergulhão.

Os blocos *Route* (*Route 28* e *Route 30*) foram utilizados para estabelecer os dois segundos de distância de segurança entre os veículos ao começarem a se mover, os blocos também conduzem os veículos para os blocos *Station* (*Station 35* e *Station 37*). Quando um recurso passa pelos blocos *Release*, os blocos dão a ordem para os blocos *seize* liberarem o próximo veículo na fila e entre um veículo e outro há a distância de segurança de dois segundos (bloco *Route*). Com isso, os recursos seguem para o bloco *Record* que registra informações adicionais que são apresentadas no relatório do modelo no *Arena*.

A Figura 12d apresenta o fim da programação do modelo na etapa de saída da Praça Serra rumo ao cruzamento no Semáforo 5.

**Figura 12d** – Finalização da programação para veículos vindos da Praça Serra Lima.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Na Figura 12d os veículos seguindo pela faixa da direita são conduzidos por um bloco *Route* (cruzamento para sete setembro p) até o bloco *Station* (sete setembro hospital p). O bloco *Route* é programado com treze segundos que é considerado o tempo de percurso a partir da saída do semáforo 5 até o Hospital. Essa programação é finalizada no bloco *Dispose* (Sete de setembro hospital).

Já a parte de baixo, os recursos do bloco *Record* seguem para o bloco *Route* (cruzamento para mergulhao f p) e são enviados para o bloco *Station* (mergulhao f p) que finaliza a programação no bloco *Dispose* (mergulhao). O bloco *Route* é programado também com treze segundos que é considerado o tempo de percurso a partir da saída do semáforo 5 até o Mergulhão.

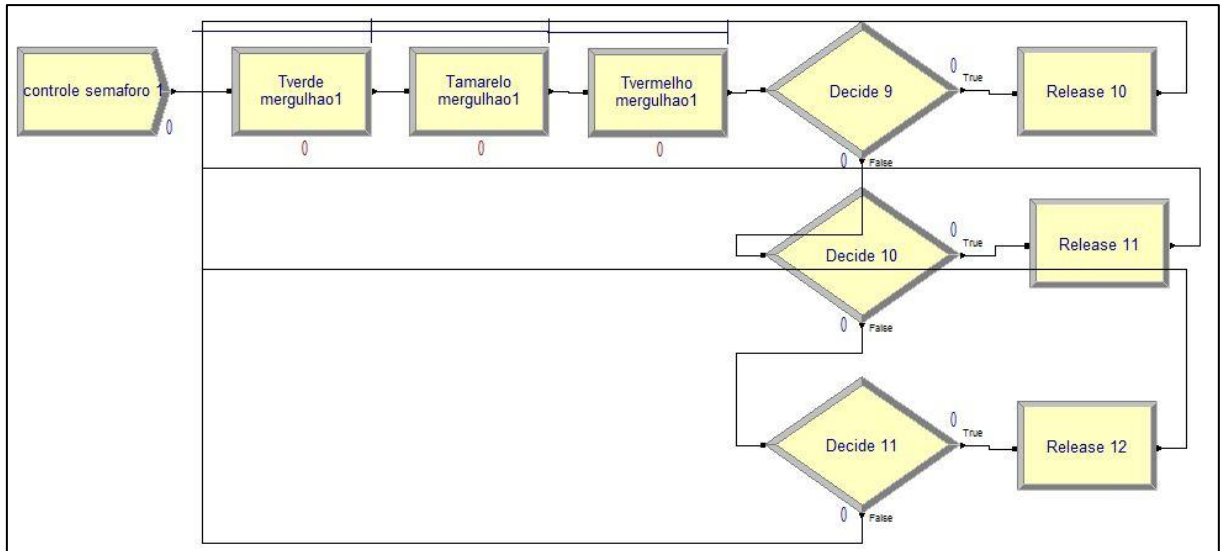
#### 4.5.4 Programação dos semáforos

Nesta etapa são apresentados os conjuntos de blocos que coordenam os semáforos no estudo. São eles os responsáveis por controlar as luzes de indicação (vermelho, amarelo e verde) e seu tempo de funcionamento.

##### 4.5.4.1 Semáforo 1

A programação do semáforo 1 se assemelha a dos demais, alterando, claro, os destinos e nomenclaturas. A Figura 13 apresenta a programação do semáforo 1 no cruzamento. Todas as configurações dos blocos são apresentadas no anexo deste estudo.

**Figura 13 – Programação do semáforo 1.**



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Foram utilizados para a programação os blocos *Create*, *Process*, *Decide* e *Release*. O bloco *Create*, chamado controle semáforo 1, foi configurado para iniciar o processo somente com uma unidade de recurso, ou seja, ele libera 1 unidade ao iniciar e para, não possui mais nenhuma função na programação. Para regular os tempos do semáforo foram utilizados os blocos *Process* e para uma melhor compreensão de seu funcionamento é necessário a apresentação das configurações dos blocos *Decide 7* e *8* (Figura 10d). Estes blocos juntamente com os blocos *Seize* funcionam como a representação do semáforo na programação. Foi dito que os blocos *Decide 7* e *8* têm a função de impedir que os veículos saiam da fila quando o semáforo estiver fechado. Justamente, o bloco *Process* ‘Tverde mergulhao 1’ tem a função de “autorizar” a passagem de veículos pelos blocos *Decide 7* e *8*. Os tempos de luz de cada semáforo foram apresentados na etapa de caracterização do cruzamento. Por isso, as Figura 14 e Figura 15 apresentam, respectivamente, a configuração dos blocos *Decide 7* e *8* presente na Figura 10d.

**Figura 14** – Configuração bloco *Decide 7*.

The screenshot shows a dialog box titled 'Decide'. It has a 'Name' field containing 'Decide 7' and a 'Type' dropdown menu set to '2-way by Condition'. Below these, there is an 'If:' section with a dropdown menu set to 'Expression'. The 'Value:' field contains the text 'Tverde mergulhao1.WIP == 1 || Tamarelo mergulhao1.WIP == 1'. At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

**Figura 15** – Configuração bloco *Decide 8*.

The screenshot shows a dialog box titled 'Decide'. It has a 'Name' field containing 'Decide 8' and a 'Type' dropdown menu set to '2-way by Condition'. Below these, there is an 'If:' section with a dropdown menu set to 'Expression'. The 'Value:' field contains the text 'Tverde mergulhao1.WIP == 1 || Tamarelo mergulhao1.WIP == 1'. At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

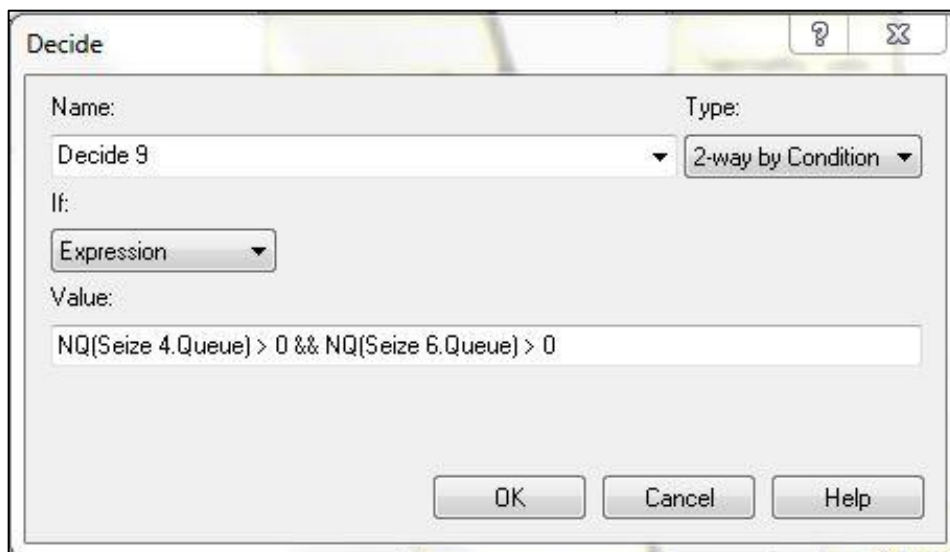
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Percebe-se que ambos os blocos são configurados com uma expressão (Tverde mergulhao1.WIP == 1 || Tamarela mergulhao1.WIP ==1), essa expressão conecta diretamente com o bloco *Process* Tverde e Tamarelo da Figura 13. Sabe-se que o bloco *Process* pode assumir quatro estados (*busy*, *idle*, *inactive* e *failure*). Na programação do bloco *Decide*, o número 1 representa o estado *busy* (ocupado), ou seja, quando o bloco *Process* estiver em operação ou “trabalhando” e o número 0 representa o estado *idle* (ocioso, parado) quando não estiver em operação. Já os dois traços verticais representam a lógica da regra OU. Logo, o que esta expressão diz é quando o bloco *Process* (Tverde mergulhao1) ou quando o bloco *Process*

(Tamarelo mergulhao1) estiver “trabalhando” é para o bloco *Decide* permitir a passagem dos veículos, ou seja, mesmo se o semáforo estiver de luz amarela pode-se seguir, se nenhum desses blocos estiver em operação é para retorná-los a fila do semáforo 1. Uma facilidade para o modelador é que na área branca reservada a construção da expressão é possível, ao clicar com o botão direito do *mouse* de um computador, abrir a opção (*Build Expression...*) que pode auxiliar na construção da expressão.

Continuando, nos blocos *Process* é definido os tempos luminosos, tempo de luz verde 60 segundos, tempo de luz amarela 3 segundos e tempo de luz vermelha 57 segundos. Seguindo, na programação é preciso que seja definido todos os caminhos e comportamentos do sistema, por isso há necessidade dos blocos *Decide* uma vez que as características dos blocos *Seize* e *Release* são: sempre que um recurso passar pelo bloco *Release* 5 (Figura 10d), ele permite que o primeiro recurso na fila do bloco *Seize* 4 (Figura 10d) seja liberado. Como o bloco *Decide* 6 impedi que, quando o sinal for vermelho, um recurso saia da fila retornando-o para a mesma não há um recurso que passaria pelo bloco *Release* 5 para ordenar a saída do recurso na fila (mesmo com o sinal verde), ou seja, mesmo com o sinal verde os veículos continuariam parados na fila do semáforo 1. Para a solução deste problema é utilizado o bloco *Release* na Figura 13, porém, ocorre que, caso não haja nenhum veículo parado na fila do semáforo e mesmo assim seja dado a ordem para liberar o primeiro veículo da fila acontece erro na programação do Arena e por isso há necessidade dos blocos *Decide* na Figura 13. O bloco *Decide* 9 é apresentado na Figura 16 abaixo.

**Figura 16** – Configuração bloco *Decide* 9.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

Na Figura 16, é possível visualizar a expressão que regula a bifurcação imposta pelo bloco *Decide 9*. Os blocos *Seize 4* e *Seize 6* (Figura 10d) são as filas da pista do meio e pista da direita regidas pelo semáforo 1. O símbolo  $\&\&$  significa a regra lógica E. Logo o que a expressão diz é se a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 4* for maior que zero, ou seja, se há pelo menos um veículo na fila, e se a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 6* for maior que zero (mesmo entendimento), permite-se ao recurso seguir em frente rumo ao bloco *Release 10* e este bloco dará o comando de liberar o primeiro veículo de cada uma das filas.

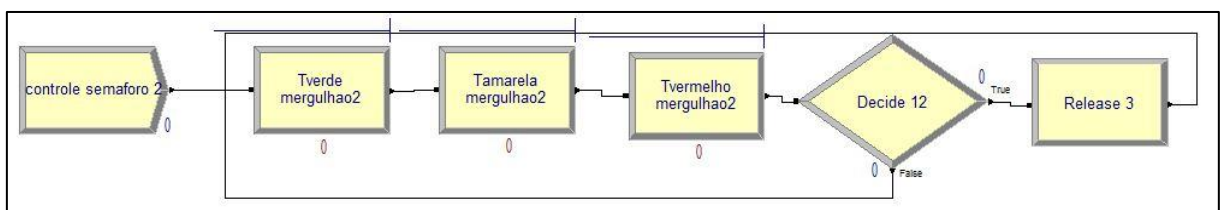
Já o bloco *Decide 10* define a expressão se a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 4* for maior que zero e a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 6* for igual a zero, permite-se ao recurso seguir para o bloco *Release 11* e este bloco dará o comando de liberar o primeiro veículo da fila do bloco *Seize 4* para seguir em frente, não realizando nenhuma ação na fila do bloco *Seize 6*.

A expressão do bloco *Decide 11* determina que se a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 4* for igual a zero e a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 6* for maior que zero (pelo menos um veículo na fila), permite-se ao recurso seguir para o bloco *Release 12* e este bloco dará o comando de liberar o primeiro veículo da fila do bloco *Seize 6* e não realizará nenhuma ação no bloco *Seize 4*. Logicamente, caso nenhuma das filas (*Seize 4* e *6*) possua nenhum veículo na fila, a programação retornar-se-á para o início do processo de controle do semáforo 1.

#### 4.5.4.2 Semáforo 2

A Figura 17 apresenta a programação do semáforo 2 do cruzamento. Todas as configurações dos blocos são apresentadas no anexo deste estudo.

**Figura 17** – Programação do semáforo 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

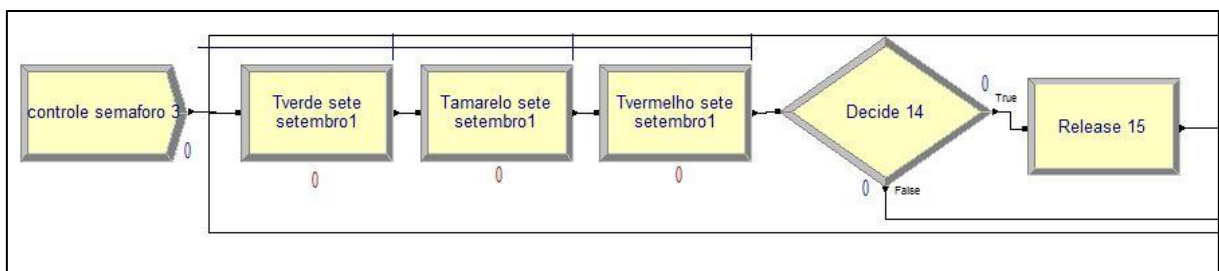


O controle do semáforo 2 é semelhante ao do semáforo 1. O bloco *Create* (controle semáforo 2) ao iniciar a simulação libera somente uma unidade de recurso e essa unidade segue para os blocos *Process* que controlam os tempos luminosos do semáforo. O tempo verde é de 38 segundos, tempo amarelo de 3 segundos e o tempo vermelho é de 79 segundos. Após passagem pelos blocos *Process*, segue para o bloco *Decide* 12 que a expressão diz se a quantidade de veículos na fila no bloco *Seize* 2 (Figura 10d) for maior que zero, segue-se para o bloco *Release* 3 que tem a função de permitir que o primeiro veículo na fila do bloco *Seize* 2 possa continuar trafegando, depois o processo se reinicia para um novo ciclo. Caso não haja veículos na fila do bloco *Seize* 2, o bloco *Decide* 12 reinicia para um novo ciclo sem passar pelo bloco *Release* 3.

#### 4.5.4.3 Semáforo 3

A Figura 18a e Figura 18b apresentam a programação do semáforo 3 do cruzamento. Todas as configurações dos blocos são apresentadas no anexo deste estudo. A programação é semelhante as dos demais semáforos com ressalva devido o semáforo 3 possuir dois tempos vermelhos, dois tempos amarelos e dois tempos verdes.

**Figura 18a** – Programação do semáforo 3.



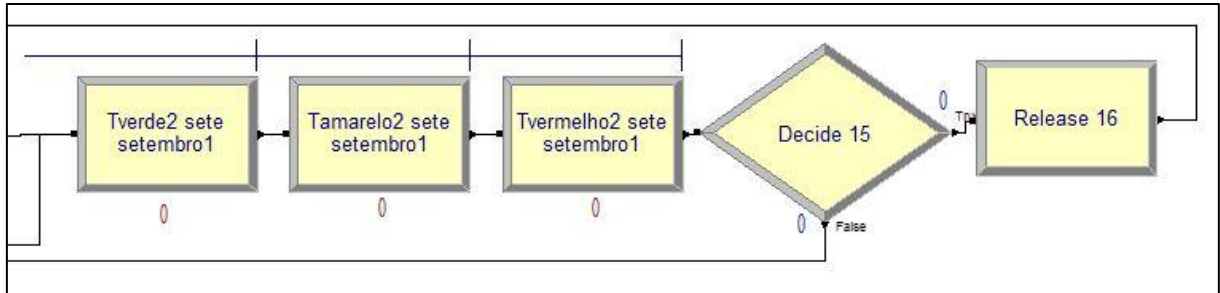
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

O bloco *Create* (controle semáforo 3) ao iniciar a simulação libera somente uma unidade de recurso e essa unidade segue para os blocos *Process* que controlam os tempos luminosos do semáforo. O primeiro tempo verde é de 38 segundos, tempo amarelo de 3 segundos e o tempo vermelho é de 21 segundos. Após passagem pelos blocos *Process*, segue-se para o bloco *Decide* 14 que a expressão diz se a quantidade de veículos na fila no bloco *Seize* 8 (Figura 11c) for maior que zero, segue-se para o bloco *Release* 15 que tem a função de permitir que o primeiro veículo na fila do bloco *Seize* 8 possa sair da fila e continuar trafegando, depois o processo se reinicia para um novo ciclo. Caso não haja nenhum veículo



na fila do semáforo 3 (bloco *Seize* 8), o bloco *Decide* 14 envia o único recurso para o próximo tempo verde na programação apresentado na parte dois da figura. A Figura 18b abaixo continua a programação do controle do semáforo 3.

**Figura 18b** – Programação do semáforo 3.



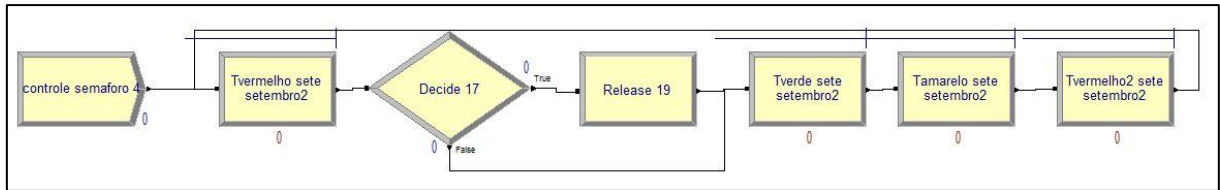
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Continuando na Figura 18b, depois do bloco *Decide* 14 ou bloco *Release* 15 o recurso é enviado para o próximo bloco *Process* de tempo luminoso verde de 31 segundos, amarelo de 3 segundos e vermelho de 24 segundos. Após o recurso único segue para o bloco *Decide* 15 que possui a mesma expressão do bloco *Decide* 14, se há veículo na fila do bloco *Seize* 8, segue para o bloco *Release* 16 que libera o primeiro veículo para continuar trafegando. Este veículo liberado para continuar trafegando passa pelo bloco *Release* 14 (Figura 11c) que continua liberando sempre o primeiro veículo que continua na mesma fila até algo ocorrer que irá interromper esse processo, que é o semáforo ficar vermelho. Essa ocorrência se mantém em todos os semáforos. Retornando, caso não haja nenhum veículo na fila do bloco *Seize* 8, o bloco *Decide* envia o único recurso para o início do ciclo, esse processo em *loop*.

#### 4.5.4.4 Semáforo 4

A Figura 19 apresenta a programação do semáforo 4 do cruzamento. Todas as configurações dos blocos são apresentadas no anexo deste estudo. A programação é semelhante as dos demais semáforos.

**Figura 19** – Programação do semáforo 4.



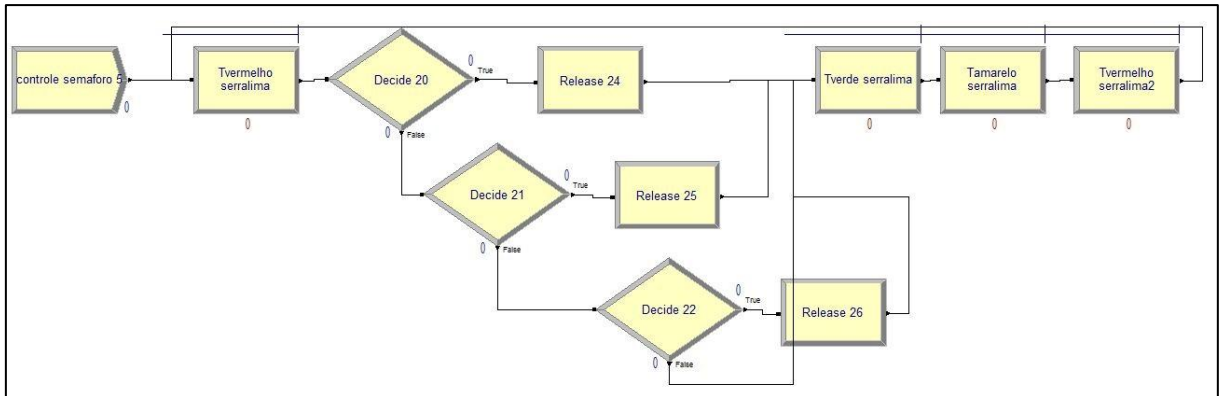
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

O bloco *Create* (controle semáforo 4) ao iniciar a simulação libera somente uma unidade de recurso e essa unidade segue para os blocos *Process* que controlam os tempos luminosos do semáforo. O tempo luminoso vermelho é fragmentado em dois blocos *Process* para que consiga acompanhar corretamente a programação conjunta dos semáforos, porém a soma de ambos é igual aos 86 segundos registrados na caracterização do cruzamento. O primeiro tempo vermelho é de 62 segundos, o tempo verde é de 31 segundos, o tempo amarelo de 3 segundos e o segundo tempo vermelho é de 24 segundos. Após passagem pelo primeiro tempo vermelho, segue-se para o bloco *Decide 17* em que a expressão diz se a quantidade de veículos na fila no bloco *Seize 10* (Figura 11c) for maior que zero, segue-se para o bloco *Release 19* que tem a função de permitir que o primeiro veículo na fila do bloco *Seize 10* possa sair da fila e continuar trafegando, depois o processo continua no tempo verde, depois no amarelo e terminando no segundo vermelho e logo após retorna para o início da programação para reiniciar um novo ciclo. Caso não haja nenhum veículo na fila do semáforo 4 (bloco *Seize 10*), o bloco *Decide 17* envia o único recurso diretamente para o tempo verde na programação sem dar a ordem de liberar a fila.

#### 4.5.4.5 Semáforo 5

A Figura 20 apresenta a programação do último semáforo do cruzamento, o semáforo 5. Todas as configurações dos blocos são apresentadas no anexo deste estudo. A programação é semelhante as dos demais semáforos.

**Figura 20** – Programação do semáforo 5.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Sabe-se que o semáforo 5 controla o trânsito de duas faixas que advêm da Praça Serra Lima. O bloco *Create* (controle semáforo 5) ao iniciar a simulação libera somente uma unidade de recurso e essa unidade segue para os blocos *Process* que controlam os tempos luminosos do semáforo. O tempo luminoso vermelho é fragmentado em dois blocos *Process* para que consiga acompanhar corretamente a programação conjunta dos semáforos, porém a soma de ambos é igual aos 99 segundos registrados na caracterização do cruzamento. O primeiro tempo vermelho é de 42 segundos, o tempo verde é de 18 segundos, o tempo amarelo de 3 segundos e o segundo tempo vermelho é de 57 segundos.

Após passagem pelo primeiro tempo vermelho, segue-se para o bloco *Decide 20* em que a expressão diz se a quantidade de veículos na fila no bloco *Seize 12* (Figura 12c) for maior que zero e a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 14* (Figura 12c) for maior que zero, segue-se para o bloco *Release 24* que tem a função de permitir que o primeiro veículo em cada uma das filas possa sair da fila e continuar trafegando, depois o processo continua no tempo verde, depois no amarelo e terminando no segundo vermelho e logo após retorna para o início da programação para reiniciar um novo ciclo.

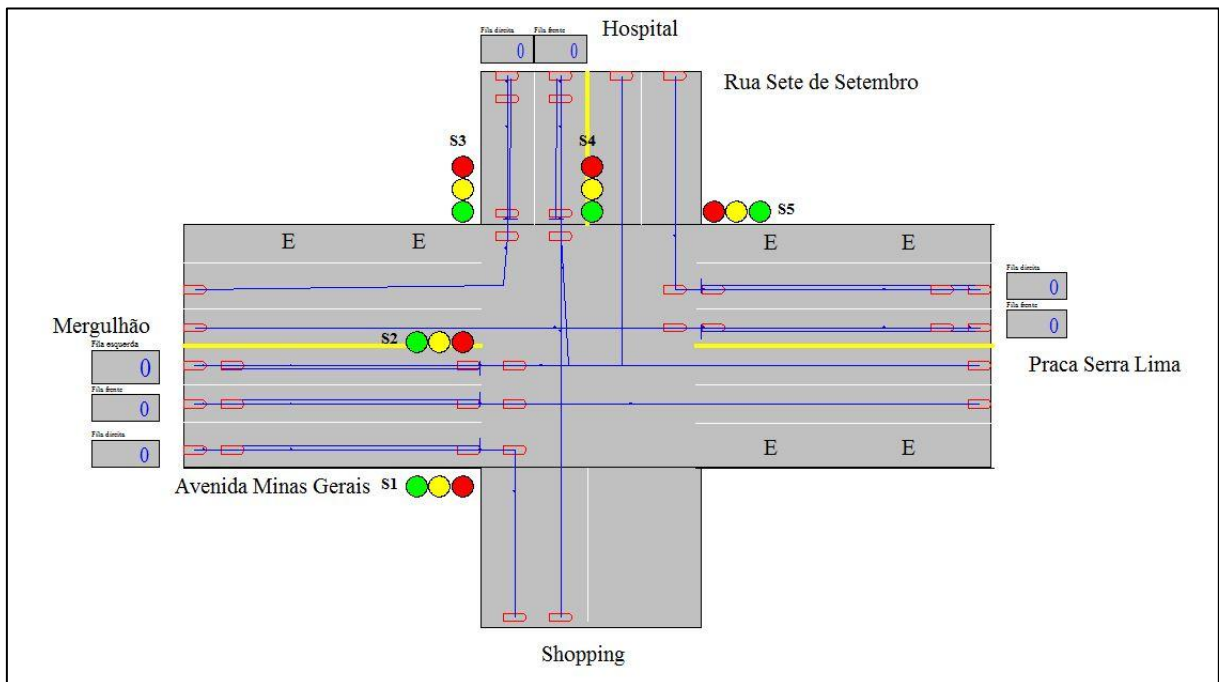
A expressão do bloco *Decide 21* diz, caso a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 12* seja maior que zero e a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 14* seja igual a zero, segue-se para o bloco *Release 25* que permite que o primeiro veículo da fila do bloco *Seize 12* continue trafegando sem realizar nenhuma operação na fila do bloco *Seize 14*. A expressão do bloco *Decide 22* diz que se a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 12* for igual a zero e a quantidade de veículos na fila do bloco *Seize 14* for maior que zero, segue-se para o bloco *Release 26* que comanda para liberar o primeiro veículo da fila do bloco *Seize 14* sem realizar nenhuma operação na fila do bloco *Seize 12*. Em qualquer um dos casos a programação segue após os blocos *Release* para o bloco *Process* de tempo verde. Caso não

haja nenhum veículo na fila do semáforo 5 (blocos *Seize* 12 e 14), o bloco *Decide* 22 envia o único recurso diretamente para o tempo verde na programação sem dar a ordem de liberar a fila.

#### 4.5.5 Animação do cruzamento

A animação do cruzamento é realizada no próprio modelo desenvolvido em um espaço em branco e sua construção é possível graças a barra de ferramentas do próprio programa Arena que oferece uma gama de opções ao modelador. A Figura 21 apresenta a animação em duas dimensões (2D) sem a execução do modelo.

**Figura 21** – Animação 2D do cruzamento sem estar simulando.



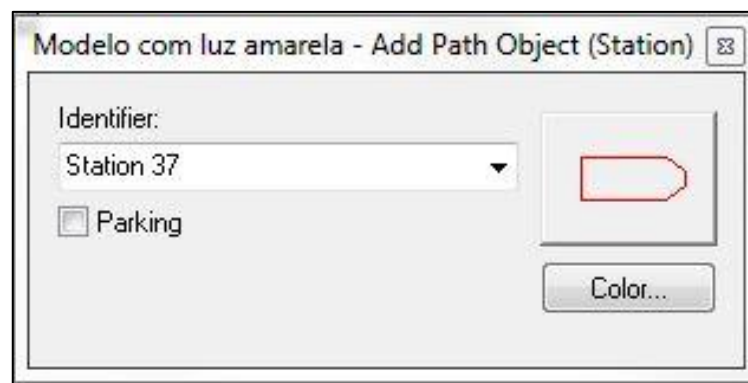
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

Na barra de ferramentas, há a figura de uma caixa (*box*), com ela foi possível criar ambas as vias Avenida Minas Gerais e Rua Sete de Setembro na animação. Ainda na barra de ferramentas, há a opção *Fill Color* (balde de tinta) que permite ao modelador alterar a cor do retângulo criado segundo sua vontade. Com a opção *Line* (linha) é possível traçar as linhas que delimitam a via e representa-las de acordo com o cruzamento real. Pode-se mudar a cor da linha com a opção *Line Color*. Na barra de ferramentas, há a letra “A” e com ela é possível inserir textos para facilitar a identificação da via. Caso alguma opção mencionada da barra de

ferramentas não esteja disponível, é possível que não esteja ativada como atalho, por isso, basta clicar na aba *view*, clicar em *Toolbars...*, e ativa-la, geralmente ativando a *Animate Transfer* já basta.

Com as vias já desenhadas, pode-se iniciar a construção do caminho percorrido pelos veículos. Na barra de ferramentas, há uma opção denominada *Station* (não é o bloco *Station*), ao clicar nesta opção aparecerá a Figura 22 que solicitará a associação com o bloco *Station* que deseja.

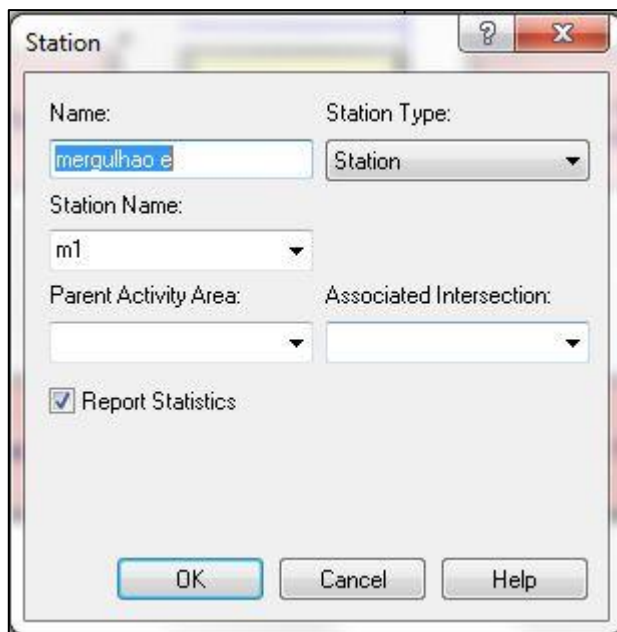
**Figura 22** – Objeto *Station*.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Nesta explicação, associaremos o caminho percorrido pelos veículos no semáforo 2, ou seja, os que recebem autorização para convergir à esquerda. Logo, associaremos ao primeiro bloco *Station* da programação do semáforo 2 chamado ‘mergulhao e’(Figura 10c). A Figura 23 apresenta esse bloco *Station*.

**Figura 23** – Primeiro bloco *Station* do semáforo 2.



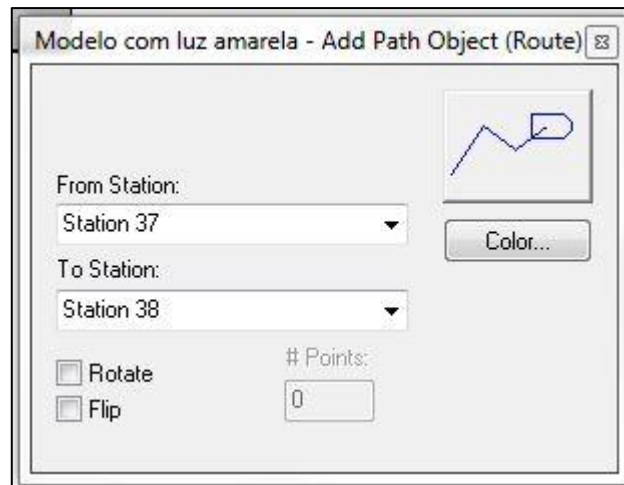
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Percebe-se que essa estação foi nomeada como ‘m1’, logo a associação que tem que fazer é com ‘m1’. Para facilitar na construção é possível nomear os blocos *Station* ao longo da programação com nomes simples e que possuam uma lógica para facilitar na associação como, por exemplo, esse modelo que o ‘m’ remete a mergulhão e o ‘1’ porque é o primeiro bloco.

Após a associação, basta o modelador clicar com o botão esquerdo do *mouse* aonde deseja iniciar a animação, claro que na faixa correta que se esta construindo. Repetindo esse processo ao longo da via e no sentido correto da animação, pode-se fazer para cada uma das faixas e vias de chegada de veículos. Percebe-se que há uma *Station* logo em frente à outra na Figura 21, isso é devido ao tempo de dois segundos que é estabelecido no início da animação e quando os veículos iniciam a saída do semáforo.

Para determinar o caminho que liga uma estação a outra é necessário utilizar a opção *Route* (não é o bloco *Route*) também disponível na barra de ferramentas do *Arena*, o desenho dessa opção *Route* é uma linha curvada com um ‘R’ maiúsculo. Ao clicar nesse objeto aparecerá a Figura 24 abaixo.

**Figura 24** – Objeto *Route*.

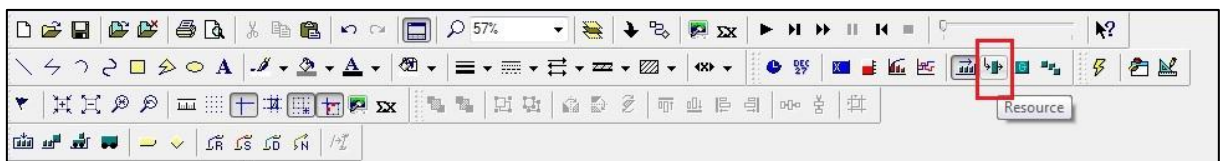


Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

Na configuração do objeto *Route*, basta ativar a opção *Rotate* e *Flip*, essas opções permitirão ao recurso se adaptar ao trajeto (se o veículo convergir à esquerda, a animação representará essa conversão). Não é necessário configurar esse objeto, basta clicar com o botão esquerdo do *mouse* na estação inicial colocado na animação e depois clicar na próxima estação e repetir esse procedimento ao longo de toda a construção da animação. Ressalva-se que na etapa de ligar duas estações em curva, pode-se clicar fora da estação, no próprio desenho, e depois na estação para facilitar na moldagem da curva entre as duas estações.

Com isso, a próxima etapa é na concepção dos semáforos. Para isso basta clicar na opção *Resource* na barra de ferramentas do Arena apresentado na Figura 25.

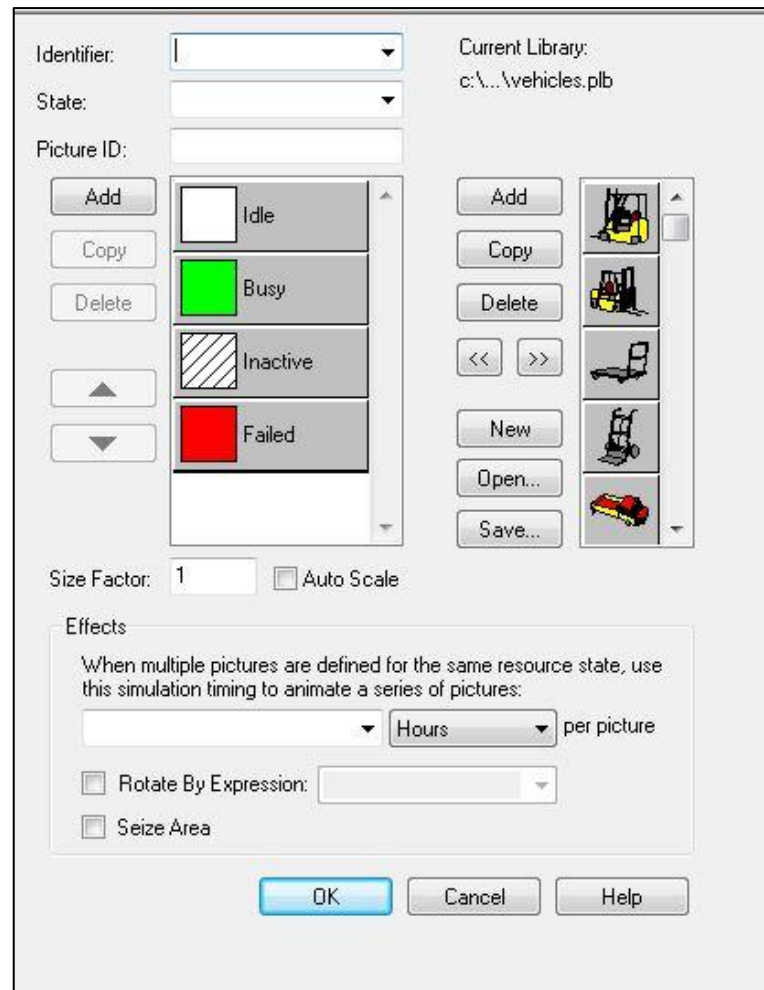
**Figura 25** – Barra de ferramentas do Arena.



Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

Ao clicar na opção *Resource* é aberto uma aba de imagens de animação apresentada na Figura 26 abaixo.

**Figura 26 – Aba *Resource*.**



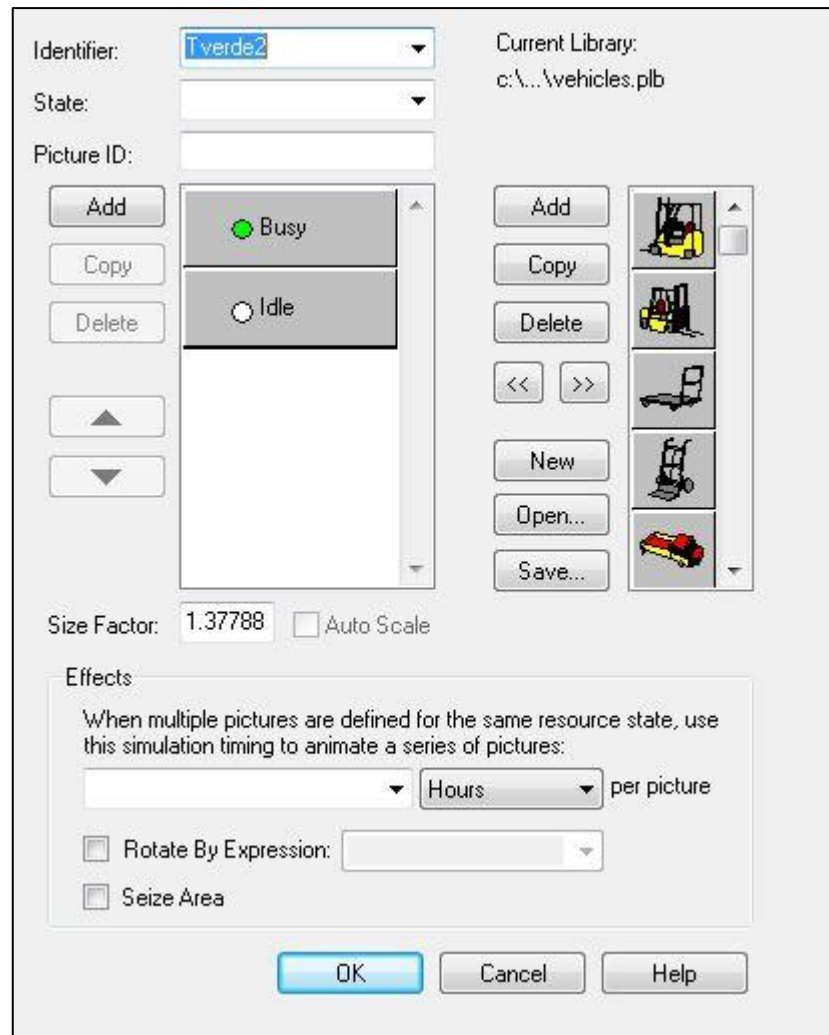
Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

Essa é a etapa de se desenhar o semáforo. Eliminam-se os estados que não se utilizará que são o *Inactive* e *Failed*, basta clicar em cada um e em seguida em *Delete*. Com isso, ao clicar duas vezes sobre o estado *idle* é possível configurá-lo, alterá-lo e apagá-lo substituindo por um círculo disponível na opção *ellipse* disponível na barra de ferramentas próximo a caixa utilizada para fazer as vias na animação. Após, altera-se a cor da figura, uma vez que já foi dito que *idle* representa quando a operação está ociosa e o estado *busy* representa quando está em operação. No modelo foram utilizados três figuras individuais para cada semáforo, ou seja, em uma figura o estado *busy* assumiu a cor vermelha, na outra cor verde e na terceira cor amarela para cada semáforo enquanto que o estado *idle* é sempre representado pela cor branca. Para sair da configuração da imagem, basta clicar no ícone 'x' em azul no canto superior direito e não o utilizado para fechar o documento.

Em seguida, é necessário associar com o tempo de semáforo. A Figura 27 representa a associação com o tempo de luz verde do semáforo 2.



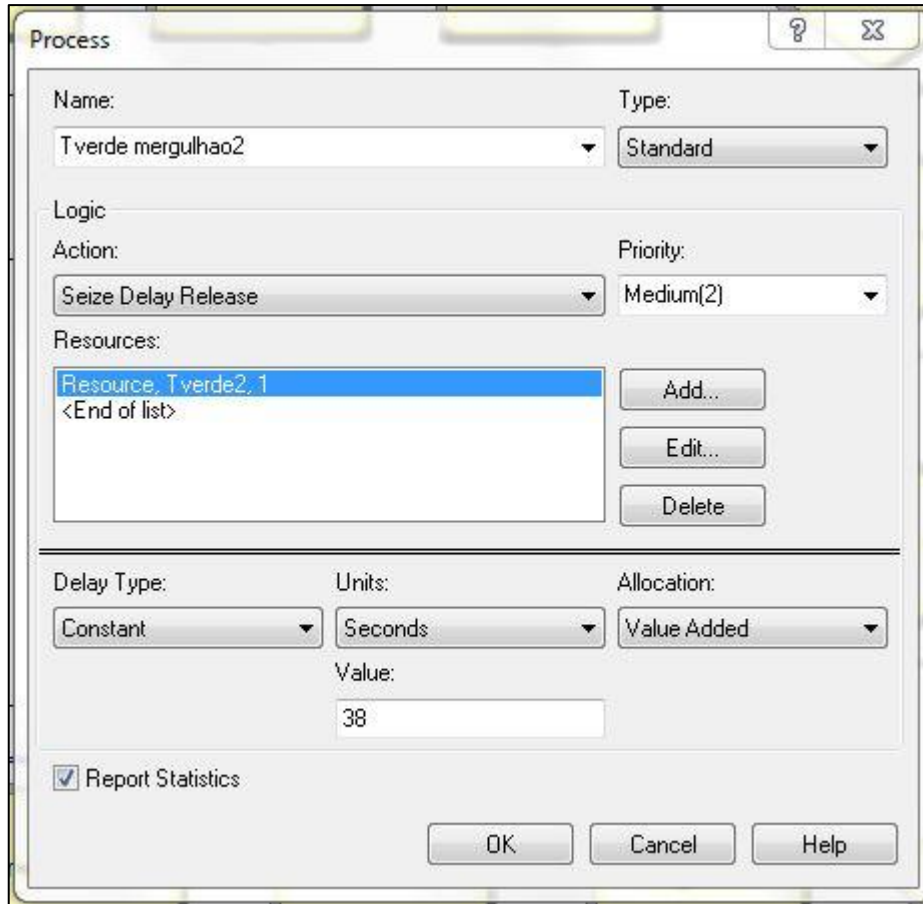
**Figura 27** – Aba *Resource* associada com o tempo luminoso verde do semáforo 2.



Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

Esse 'Tverde2' é o *Resource* definido no bloco *Process* do tempo do semáforo 2 apresentado na Figura 28.

**Figura 28** – Bloco *Process* do tempo luminoso verde do semáforo 2.

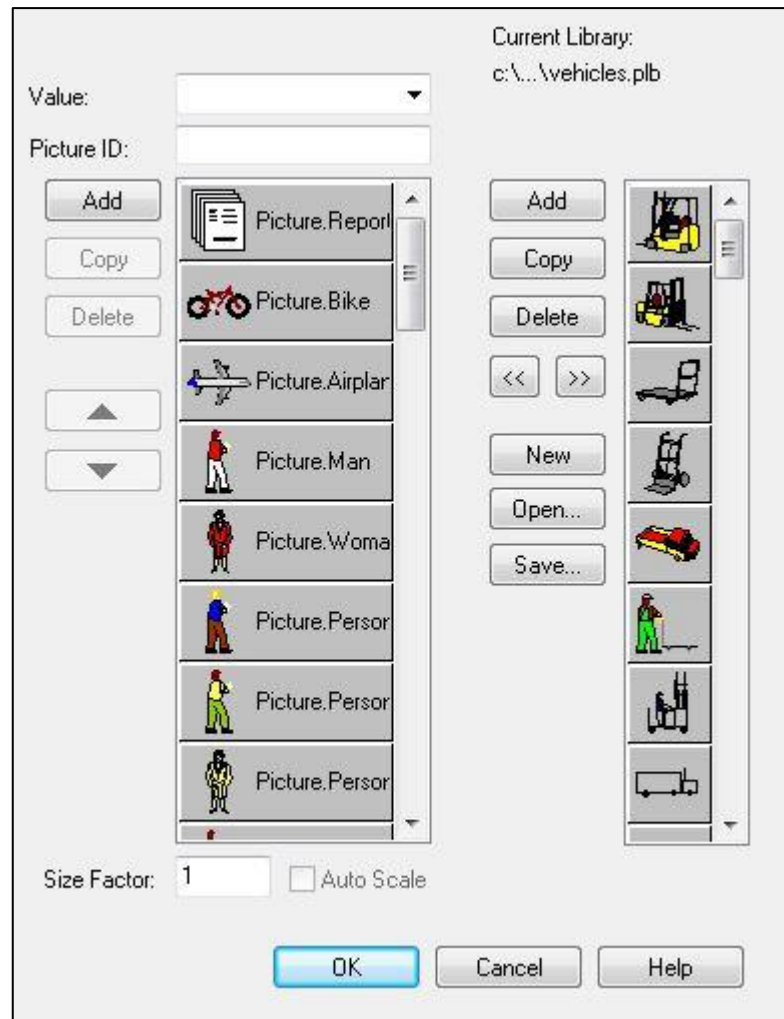


Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Continuando após a Figura 27, ao clicar em ‘ok’ é possível escolher o local de fixação da luz de semáforo sendo possível alterá-lo depois. Realizando esse mesmo processo para cada luz luminosa de cada semáforo o modelo fica como o da Figura 21. A última etapa é a animação dos veículos e determinar as imagens para os carros, ônibus e caminhão.

No programa Arena, basta clicar na aba *Edit* e selecionar a opção *Entity Pictures*. Com isso, a Figura 29 apresenta a biblioteca das figuras.

**Figura 29** – Biblioteca de imagens.

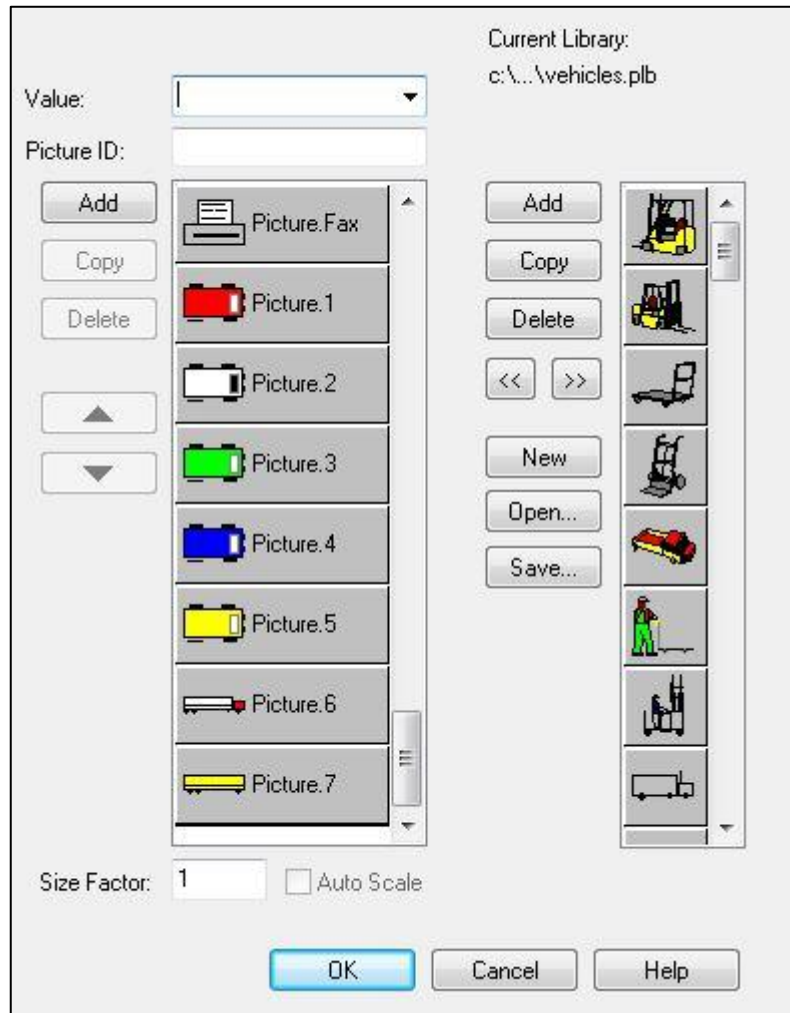


Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

Por padrão, no primeiro acesso a essa biblioteca, não fica disponível imagens de objetos de transporte e veículos. Para ter acesso a esse conjunto de imagens basta clicar na opção *Open*, depois procurar na pasta onde o Arena está instalado (pasta *Rockwell Software*), geralmente está na pasta Arquivos de Programas. Ao abrir a pasta Arena, basta procurar o arquivo *Vehicles.plb*, selecioná-lo e abri-lo. Recomenda-se não alterar as imagens já existentes no conjunto da esquerda, por isso, basta clicar na última imagem (*Picture.Fax*) e clicar em *copy* para gerar cópias. Neste estudo, foram utilizados 5 imagens para veículos, 1 para ônibus e 1 para caminhão. Para alterar as imagens (cópias), basta clicar uma vez com o botão esquerdo do *mouse* na cópia que se pretende alterar e no conjunto de imagens da direita, clicar na imagem mais adequada, concluindo-se clique na imagem das setas para a esquerda (<<) entre o botão *Delete* e *New* entre as duas colunas de imagens. Por fim, basta renomear as

imagens e clicar duas vezes sobre elas para configurá-las (mudar a cor, dimensão etc.). A Figura 30 apresenta as imagens geradas para o modelo do estudo.

**Figura 30** – Imagens do modelo em estudo para os veículos.



Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

As imagens *Picture* de 1 a 5 representam automóveis, o 6 representa um caminhão e o 7 um ônibus. Com as imagens prontas, é necessário criar um grupo para as imagens. Para configurar as imagens é necessário conhecimentos sobre as funções do bloco *Assign* que associa a imagem ao recurso.

Para criar os grupos, basta ir à área do *Project Bar*, clicar em *Basic Process* e rolar a barra de navegação até a opção *Set*. Ao clicar nesta opção abrirá a área de configuração e com dois cliques sobre ela gerará a opção para definir o primeiro grupo. É importante gerar três grupos para diferenciar carros, ônibus e caminhão. A Figura 21 apresenta essa etapa.

**Figura 31** – Processo de construção dos grupos de imagens do modelo, opção *Set*.

Set - Basic Process			
	Name	Type	Members
1 ▶	Set 1	Resource	0 rows
2	Set 2	Resource	0 rows
3	Set 3	Resource	0 rows
Double-click here to add a new row.			

Fonte: Autoria própria (2018) com dados do *software* Arena.

Como primeiro passo, é necessário renomeá-los com atenção para não haver conflito entre o nome colocado com algum já nomeado em outra etapa da programação e definir o *Type* como uma entrada de figura. Em seguida, clicando em ‘0 rows’, e clicar duas vezes na etapa em branco, basta selecionar cada imagem do veículo definido na Figura 30 (selecionar pelo nome). A Figura 32 apresenta as configurações do modelo em estudo.

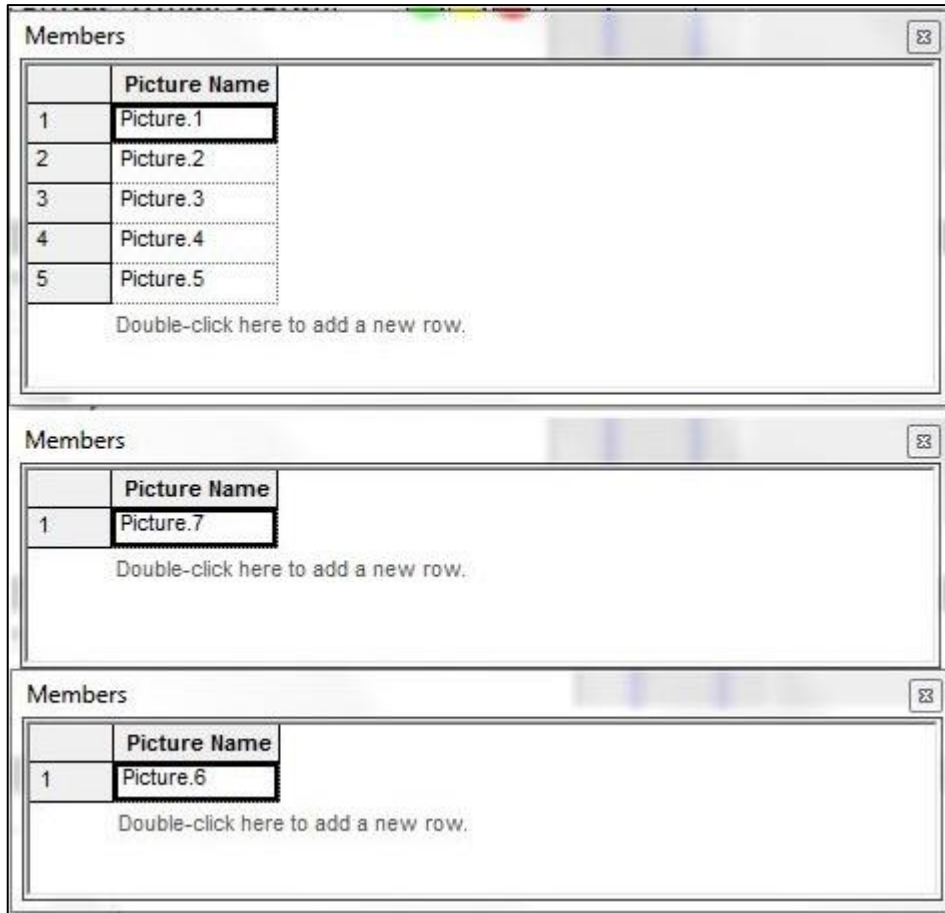
**Figura 32** – Configuração dos grupos definidos no modelo.

Set - Basic Process			
	Name	Type	Members
1 ▶	Set de carros	Entity Picture	5 rows
2	Set onibus	Entity Picture	1 rows
3	Set caminhao	Entity Picture	1 rows
Double-click here to add a new row.			

Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software* Arena.

A Figura 33 apresenta o conjunto dos três grupos definidos na área *Members* e as figuras associadas a cada grupo.

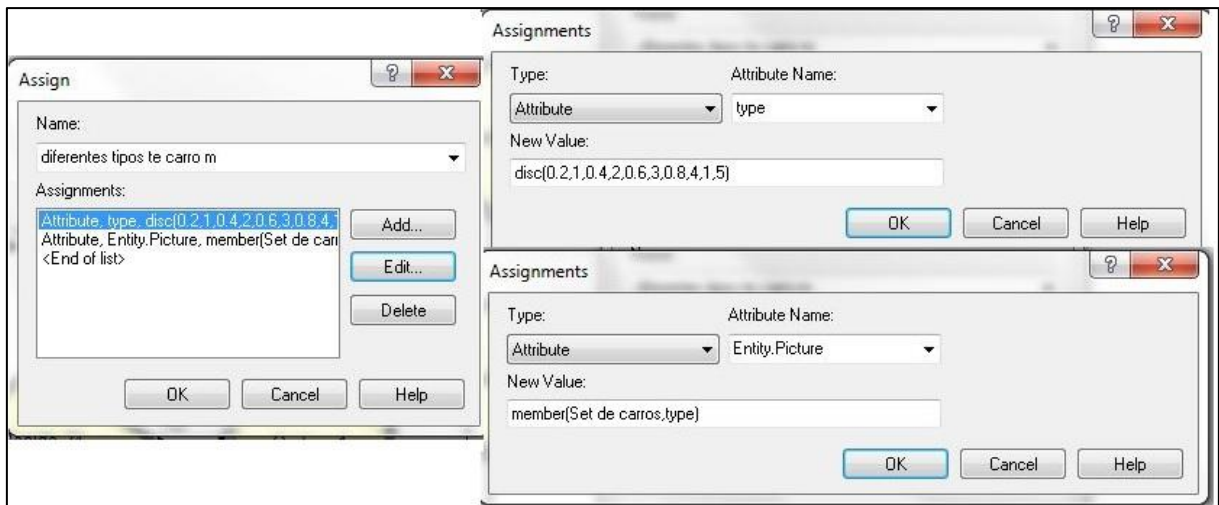
**Figura 33** – Configuração dos grupos definidos no modelo na área *Members*.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

Com as imagens já configuradas, é possível associá-las aos blocos *Assign* na construção do modelo. No semáforo 2, para associar ao bloco *Assign* de carros (Figura 10a) é necessário colocar uma programação no bloco. A Figura 34 apresenta o bloco *Assign* dos carros e a configuração para associar as imagens.

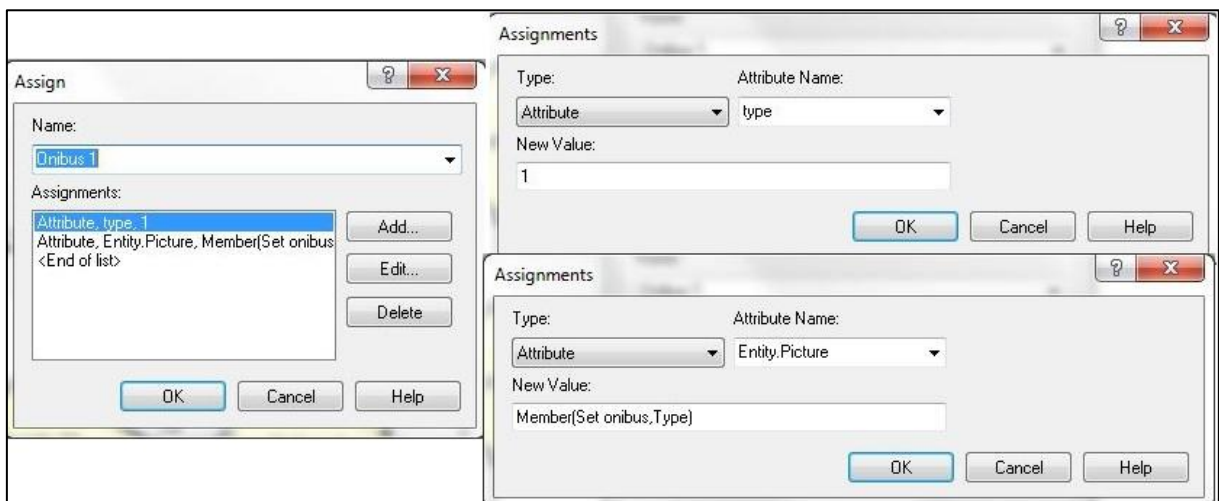
**Figura 34** – Configuração do bloco *Assign* para carros do semáforo 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

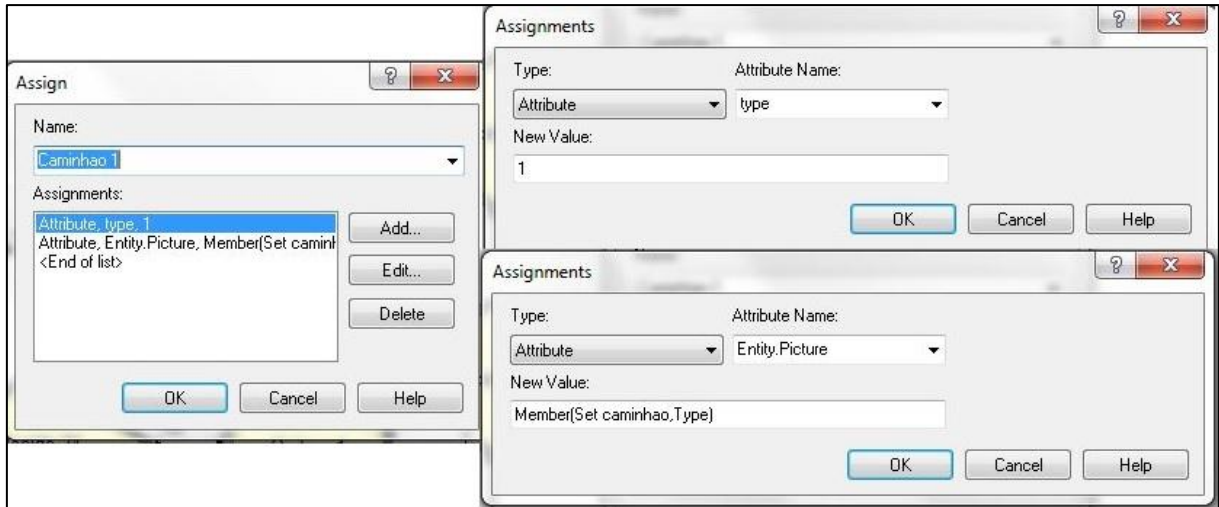
A configuração do bloco é feita com esses dois comandos, o primeiro (superior direito) define que há cinco tipos de recursos que passaram pelo bloco (5 tipos de carros), quantidades diferentes de carros possui uma configuração diferente. Já o segundo (inferior direito) apresenta ao bloco *Assign* onde ele deve encontrar as imagens para associar ao recurso que passar por ele. A Figura 35 apresenta a configuração para ônibus e a Figura 36 a configuração para caminhão.

**Figura 35** – Configuração do bloco *Assign* para ônibus do semáforo 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

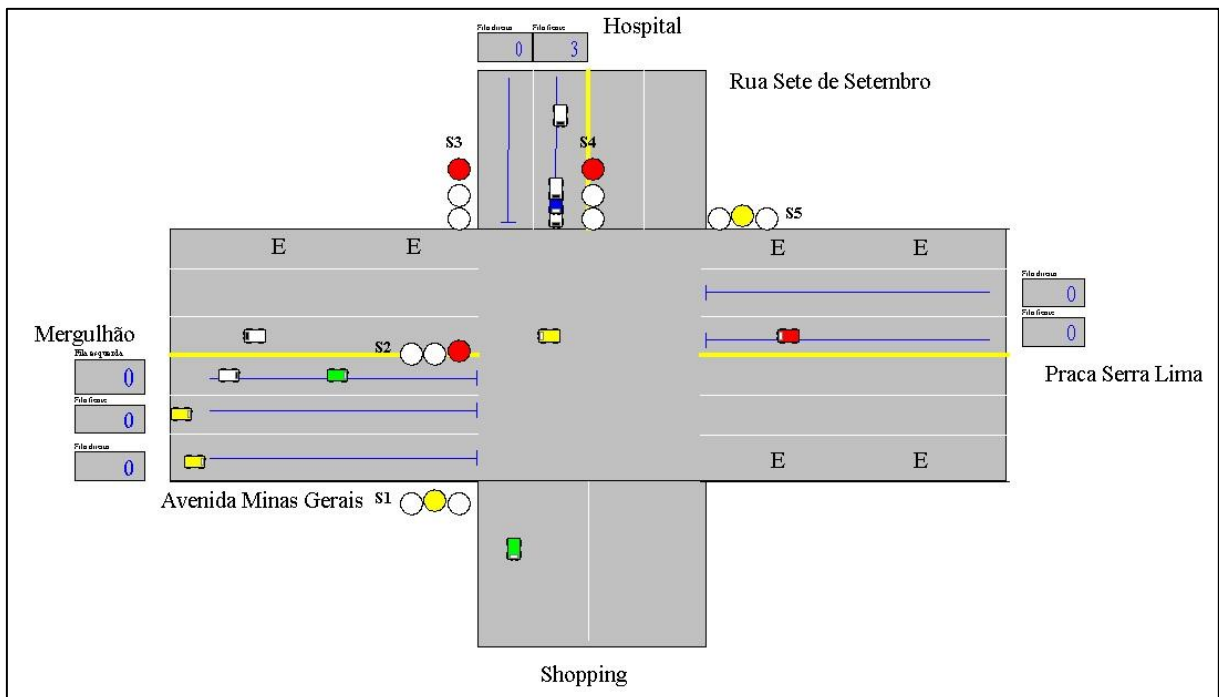
**Figura 36** – Configuração do bloco *Assign* para caminhão do semáforo 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

A configuração de ambas é semelhante a dos veículos, exceto pelo fato de ser somente uma imagem para ônibus e uma imagem para caminhão, logo a parte que define os tipos de recursos (superior direito) é somente 1. Por fim, a Figura 37 abaixo apresenta a animação do modelo do estudo em simulação.

**Figura 37** – Modelo do cruzamento executado no programa *Arena*.



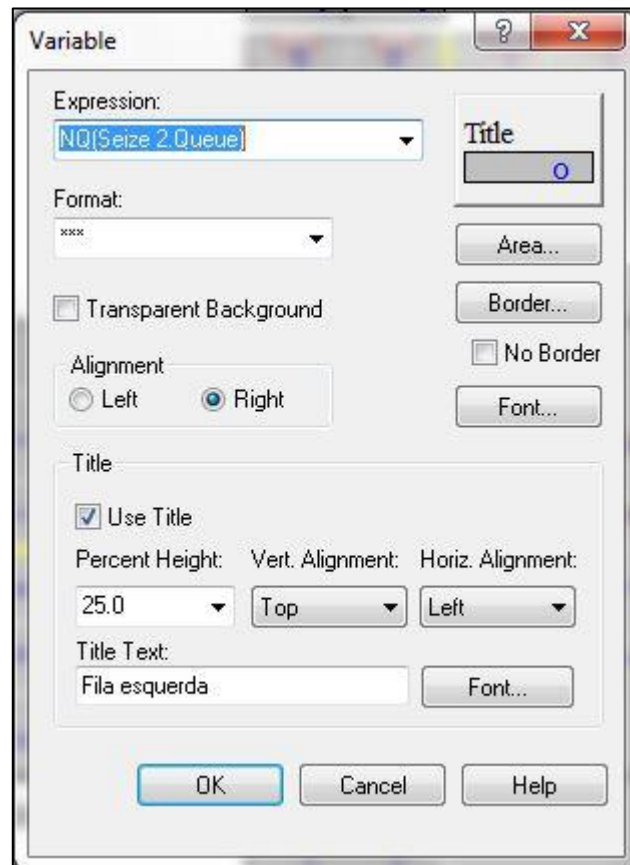
Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.



A linha horizontal com o início vertical acima dos blocos *Seize* mencionado anteriormente (Figura 10d, Figura 11c e Figura 112c) foi “arrastada” até a animação e posicionada de acordo com a faixa relativa. É de suma importância que essa linha seja posicionada no início da fila dos semáforos em cada faixa. Nas extremidades da linha é possível alterar o tamanho da mesma e no ponto de encontro entre a linha vertical e horizontal permite rotacionar a linha para adequá-las as faixas nos semáforos 3, 4 e 5.

Outro ponto são os números em azul na figura, esses números indicam a quantidade de veículos parados na fila, são meramente estéticos e não influenciam na animação. Para ativá-los basta clicar em *Variable* na barra de ferramentas e configurá-los de acordo com a fila do bloco *Seize*. A Figura 38 mostra a configuração da fila da esquerda no semáforo 2.

**Figura 38** – Configuração numérica para a fila do semáforo 2.



Fonte: Autoria Própria (2018) com dados do *Software Arena*.

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

Um projeto de simulação computacional depende, sempre, de uma adequada coleta de dados do modelo real. Para este estudo, a coleta de dados realizada foi para determinar as taxas de chegada de veículos e adoção de seus sentidos justamente com o propósito de assemelhar-se ao modelo real do cruzamento. Por isso, o desenvolvimento do modelo no *software* Arena pode ser capaz de se aproximar da realidade para o que foi proposto.

A cerca do modelo conceitual em que foi utilizada a técnica do IDEF-SIM, houve uma facilitação na compreensão das características dos semáforos e descrições detalhadas principalmente sobre o comportamento dos veículos durante o trajeto no cruzamento em estudo. Junto com a coleta de dados, foi possível determinar os locais de maior frequência de tráfego de veículos, ônibus e caminhões, bem como os de menor ou nenhuma frequência.

Já a implementação do modelo computacional no *software* Arena, além de permitir a elaboração da parte sistêmica, também proporcionou a execução de um modelo animado em duas dimensões com todas as características determinadas pelas sinalizações semaforicas no cruzamento e a interação delas com os veículos considerados.

O arquétipo conceitual foi então validado pelo autor em função da visualização do modelo em duas dimensões e da procura pelo surgimento de falhas graves (ex. abertura de um sinal em tempo errado, cruzamento entre veículos enfim, qualquer indicativo que desrespeitasse algum critério estipulado no modelo).

A análise comportamental do sistema não foi realizada em função do grande desafio até então realizado, e da falta de tempo do autor em coletar dados a respeito das quantidades de veículos que ficavam parados nas filas. Tal fato impediu que fossem realizados outros cenários comparativos (ex. mudança dos tempos dos semáforos e verificação do impacto gerado). Antes de elaborar essa fase, seria necessário coletar dados e comparar os resultados obtidos com a ferramenta com os observados no modelo real. Isto é, como o foco do estudo não foi de realizar tal afirmação, não houve uma coleta de dados nesse sentido.

Entretanto, não é um demérito a este estudo uma vez que, com um modelo animado, foi possível apresentar um protótipo sólido que de fato possui todas as características de um cruzamento real.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A técnica IDEF-SIM se apresentou como uma ferramenta adequada para a utilização no desenvolvimento de um modelo conceitual uma vez que exige do pesquisador a total compreensão do modelo real em estudo com todas as suas características e comportamentos. Essa é uma técnica que permite uma visão mais ampla do sistema em estudo em comparação com outras técnicas comumente utilizadas.

Já a representação de um cruzamento com sinalização semafórica no *software* Arena se mostrou curiosa uma vez que, dos diversos artigos pesquisados e lidos pelo autor, a implementação do referido programa se dava em ambientes fabris. Pensar que o Arena pode ser utilizado em outros ambientes desperta a imaginação de profissionais, estudantes e modeladores que costumam utilizá-lo em seus projetos.

Constatou-se, dessa forma, que o *software* Arena é uma excelente ferramenta computacional indicada para o estudo comportamental de cruzamentos urbanos. O desafio em construir esse modelo computacional foi considerado pelo autor como sendo de grande dificuldade uma vez que boa parte das interações foi feita com base em estudos que necessitaram de conhecimentos que foram muito além do que foi visto em sala de aula.

Para trabalhos futuros, sugere-se que seja feita a coleta de dados a respeito dos tempos de chegada dos veículos quando os faróis se encontram com a luz vermelha, ocasião esta que gera a ocorrência de filas, e este é o propósito do sistema.

Sugere-se também sejam feitos testes de hipóteses estatísticas e que os dados coletados sejam analisados com o auxílio da ferramenta *Input Analyzer* (também disponível no Arena).

Por fim, dada a aprovação do modelo conceitual *versus* modelo real, recomenda-se que sejam propostas medidas efetivas para reduzir o tamanho das filas geradas nos horários de trânsito intenso em função da modificação dos tempos de faróis verdes em cada uma das pistas. Vale ressaltar que, para que efetividade seja alcançada, sejam coletadas diversas outras informações que busquem se aproximar, cada vez mais, da realidade estudada. Como exemplos, pode-se citar o intervalo de tempo gasto entre a abertura do sinal e o tempo que cada veículo demandou para se deslocar (ou seja, o momento em que o veículo chegou ao cruzamento quando ele está fechado – instante em que o mesmo entrou na fila, e o período de tempo que ele gastou de fato para começar a se deslocar).

Também com o Arena, propor mudanças quanto à modificação de conversão de vias de mão única para de mão duplas, ou de faixas de trânsito exclusivas para determinados tipos de veículos como ônibus e motocicletas.

Enfim, essas são sugestões voltadas para o tráfego de veículos. Porém há a possibilidade de utilizar o Arena em outras áreas e outros campos, como exemplo, simulação do funcionamento de um aeroporto ou doca de navios e bastando, para isso, o interesse do modelador.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR, Stênio Marcos Santos *et al.* Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2009. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_tn\\_stp\\_091\\_615\\_12726.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_091_615_12726.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

ANJOS, Adilson dos. Análise de Variância, 2009. Capítulo 7. In: **Ce003 – Estatística II (notas de aula)**. Departamento de Estatística, Universidade Federal do Paraná, 2009. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2018.

ALMEIDA, Eridiana Pizzinato; GIACOMINI, Larissa Bressan; BORTOLUZZI, Marluse Guedes. **Mobilidade e Acessibilidade Urbana**. SEMINÁRIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2., 2013, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: IMED, 2013. Disponível em: <<https://www.imed.edu.br/Uploads/Mobilidade%20e%20Acessibilidade%20Urbana.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

ARANTES, Cássia da Silva Castro. Teoria de filas e simulação: um paralelo entre o modelo analítico e o modelo por simulação para modelos de fila M|M|1 E M|M|C. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 18., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGVSP, 2015. Disponível em: <[http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2015/artigos/E2015\\_T00089\\_PCN36970.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2015/artigos/E2015_T00089_PCN36970.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ABEPRO. **Áreas da Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 18 maio 2017.

BATALHA, Mario Otávio (Org.). **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2008.

BATEMAN, Robert E. *et al.* [organização Belge Engenharia e Sistemas]. **Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BELLINI JUNIOR, Jader. **Linha de produção de reatores de potência: previsão de capacidade produtiva por meio de simulação computacional**. [Título MBE]. Universidade do Vale do Rio dos Sinos: UNISINOS, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5466>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

BEZERRA, Barbara Stolte. Semáforos: gestão técnica, percepção do desempenho, duração dos tempos. 2007. Tese (Doutorado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-18062007-093237/en.php>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por UF e Tipo de Veiculo (Dez 2016)**. RENAVAL, 2016a. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/261-frota-2016>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por Município e Tipo (Dez 2016)**. RENAVAL, 2016b. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/261-frota-2016>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por UF e Tipo de Veiculo (Dez 2015)**. RENAVAL, 2015a. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/257-frota-2015>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por Município e Tipo (Dez 2015)**. RENAVAL, 2015b. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/257-frota-2015>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por UF e Tipo de Veiculo (Dez 2014)**. RENAVAL, 2014a. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/253-frota-2014>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL, Departamento Nacional de Trânsito. **Frota por Município e Tipo (Dez 2014)**. RENAVAL, 2014b. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/253-frota-2014>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

CAMARINHA FILHO, Jomar Antônio. Testes de hipóteses, 2009. Capítulo 5. In: **Ce003 – Estatística II (notas de aula)**. Departamento de Estatística, Universidade Federal do Paraná, 2009. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2018.

COSTA, Cristiano Jardim. **Violência no trânsito: um desafio para a sociedade brasileira**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Departamento de Ciências Jurídicas e Sociais, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí: UNIJUÍ, 2015. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/3557>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

CRISTO, Fábio de. **Psicologia e trânsito: reflexões para pais, educadores e (futuros) condutores**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2012.

DÁVALOS, Ricardo Villarroel. Uma abordagem do ensino de pesquisa operacional baseada no uso de recursos computacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR111\\_0240.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR111_0240.pdf)>. Acesso em: 02 Abr. 2017.

DEVORE, Jay L; tradução Ez2Translate; revisão técnica Marcos Tadeu Andrade Cordeiro. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

EJZENBERG, Sergio. **Reprogramação de semáforos: método baseado em observação de campo.** Notas técnicas, NT 174. Companhia de Engenharia de Tráfego – São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/20683/nt174.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

FREITAS, Carlos Alberto de (Org.). **Introdução à engenharia.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

FREITAS FILHO, Paulo Jose de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena.** 2.ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES NETO, Hilario; OLIVEIRA, Josenildo Brito de; ANDRADE, Cyntia Rachel Fernandes de. Modelagem e simulação computacional em uma empresa de confecção de roupas: Um estudo sobre o desempenho de um processo produtivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2014. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_TN\\_STO\\_195\\_106\\_25996.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_195_106_25996.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

HOFFMANN, Maria Helena; CRUZ, Roberto Moraes; ALCHIERI, João Carlos (Org.). **Comportamento humano no trânsito.** 3.ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2011.

KLEN, André Monteiro; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes; PEREIRA, Dulce Maria. A utilização da simulação em gestão hospitalar: aplicação de um modelo computacional em um centro de imobilizações ortopédicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_074\\_527\\_12225.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_074_527_12225.pdf)>. Acesso em: 04 Abr. 2017.

LEAL, Fabiano; ALMEIDA, Dagoberto Alves de; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 40., 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SOBRAPO, 2008. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2008/pdf/arq0292.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

LEITE, Cesar Eduardo; LOPES, Gabriela Sena; BARREIRO, Jose Henrique de L. C. Dieguez. A influência do transporte na qualidade de vida e motivação no trabalho. In: CONGRSSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11, 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: INOVARSE, 2015. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/node/4089>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

Lima, R. Z, Souza, A. D. C. e Araújo, L. C. **Manual do ARENA 9.0.** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Automação e Sistemas, 2006. Disponível em: <[http://mz.pro.br/simulacao/32-APOSTILA\\_ARENA\\_9.pdf](http://mz.pro.br/simulacao/32-APOSTILA_ARENA_9.pdf)>. Acesso em: 22 Set. 2018.

MAGAGNIN, Renata Cardoso; SILVA, Antônio Néilson Rodrigues da. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. **Revista Transportes**, São Paulo, v. 16, n. 1, p.

25-35, jun. 2008. Disponível em: <<https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/13>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MALACRIDA, Mara Jane Contrera; YAMAMOTO, Marina Mitiyo. Governança corporativa: nível de evidenciação das informações e sua relação com a volatilidade das ações do Ibovespa. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 17, n. SPE, p. 65-79, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-70772006000400006>>. Acesso em: 12 maio 2018.

MARÔCO, João. **Análise estatística com o SPSS Statistics**. ReportNumber, Lda, 2011.

MENESES, Hamifranczy Brito. **Interface lógica em ambiente SIG para bases de dados de sistemas centralizados de controle do tráfego urbano em tempo real**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/ri/handle/riufc/4889>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

MEYER, Paul L; tradução Ruy de C. B. Lourenço Filho. **Probabilidade: Aplicações à Estatística**. [Reimpr.]. Rio de Janeiro, 2015.

MONTGOMERY, Douglas C; RUNGER, George C; tradução e revisão técnica Verônica Calado. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

OLIVEIRA, Andréia FróesGaluci. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p. 777-788, 2008. Disponível em: <[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/076V5N6P777\\_788\\_NOV2008\\_.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2018.

OLIVEIRA, Túlio Lupiano *et al.* Simulação computacional aplicada ao tráfego: uma análise do fluxo de veículos na praça Tiradentes em Ouro Preto – MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 13., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: MARINHA, 2010. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/74278.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

Pereira, C. R. **Apostila Arena 11.0**. Universidade Federal de São Carlos, Simulação de Sistemas, 2009. Disponível em: <[http://mz.pro.br/simulacao/33-APOSTILA\\_ARENA\\_11.pdf](http://mz.pro.br/simulacao/33-APOSTILA_ARENA_11.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2018.

PINHO, Alexandre Ferreira de; MORAIS, Nathália Silvestre de. Utilização da simulação computacional combinada à técnica de otimização em um processo produtivo. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, [S.I], V. 08, N. 02, p. 88-101, Jun. 2010. Disponível em: <[http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V08N02/v8n2\\_artigo\\_06.pdf](http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V08N02/v8n2_artigo_06.pdf)>. Acesso em: 04 Abr. 2017.

PRAIA, Carlos Ribeiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. Simulação Computacional Aplicada à Modelagem do Processo de Recebimento de Uniformes na Marinha do Brasil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10., 2013, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2013. Disponível em: <<http://www.inf.aedb.br/seget/artigos13/1051855.pdf>>. Acesso em: 09 Abr. 2017.



RAYMUNDO, Helcio; REIS, Joao Gilberto Mendes dos; LUZ, Jose Alberto Alencar. Possibilidade de contribuição da engenharia de Produção à engenharia de transporte na solução de problemas na mobilidade urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WPG\\_215\\_270\\_27194.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_215_270_27194.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2017.

RESENDE, Paulo Tarso Vilela de; SOUSA, Paulo Renato de. Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: Um estudo sobre os impactos do congestionamento. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGVSP, 2009. Disponível em: <[http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009\\_T00138\\_PCN41516.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00138_PCN41516.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2017.

SILVA, Andre Luiz Emmel *et al.* Mobilidade urbana na cidade de Santa Cruz do Sul: Análise e percepções. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_216\\_275\\_26470.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_216_275_26470.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2017.

SILVA, Liane Márcia Freitas E; PINTO, Marcel de Gois; SUBRAMANIAN, Anand. Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2007\\_TR660482\\_9236.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2007_TR660482_9236.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

TAVARES, W. R.; OLIVEIRA NETTO, A. A. **Introdução à Engenharia de Produção**. Florianópolis: Visual Books, 2006.

VIDAL, Dimas Ferreira. ANÁLISE FATORIAL EM ADMINISTRAÇÃO: UMA APLICAÇÃO PRÁTICA COM O SOFTWARE SPSS. **Revista Eletrônica Estácio Papyrus**, v. 3, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.estacio.br/index.php/papirusantacatarina/article/viewArticle/2348>>. Acesso em: 09 maio 2018.

VIEIRA, Guilherme Ernani. Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/676.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/676.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2017.

## ANEXOS

## Dados coletados sobre quantidade de veículos saída do mergulhão rumo ao cruzamento.

SENTIDO MERGULHÃO VIA SERRA LIMA														
Segunda-Feira			Terça-Feira			Quarta-Feira			Quinta-Feira			Sexta-Feira		
07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00		
Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita
8	7	6	8	3	4	5	3	3	4	5	2	2	6	10
10	8	2	2	3	1	4	3	4	1on	1	4	1on	3	1
1on	1	8	4	2	6	1	2	2	1	1	2	5	4	2
4	4	3	7	1	2	7	2	3	9	5	8	1	3	4
7	1	1	5	6	1	8	2	1	11	3	1	8	5	2
3	1	2	1on	2	2	9	1	1c	4	6	1	7	2	1
10	6	1	2	3	9	9	3	5	10	3	5	5	2	4
7	4	4	7	1	1	3	2	2	6	5	5	5	3	1
9	1	2	8	2	4	3	2	4	5	3	1	4	3	3
2	1	5	6	4	3	1on	2	3	1on	5	1	1	1	2
6	7	2	2	1	1	1	3	5	5	1	2	3	2	3
7	2	7	6	4	1	9	5	1	7	3	3	2	1	3
2	5	1	1	3	7	5	6	2	3	3	3	2	1	5
1on	1c	5	3	2	4	6	1	1	6	5	1	1on	7	4
1	1	1	1on	5	1	1	4	1c	2	2	5	6	4	1
8	2	3	2	3	8	7	3	3	1	3	2	1	1	1
1on	1	3	4	2	1	3	2	2	1on	3	1	1on	2	4
2	1	5	6	3	5	3	2	2	1	3	5	1	2	2
8	1	3	1	3	4	1on	4	2	1on	3	1	7	4	1
3	2	2	1on	1	1	4	4	5	13	1	1	5	2	5
1on	1	5	4	2	1c	5	3	4	8	4	5	4	5	3
1	5	3	1	4	1	1on	1	1	5	1	2	4	3	2
7	2	1	2	2	6	3	1	1	1on	4	4	3	5	5
8	3	4	2	2	1	5	3c	1	3	2	2	5	1c	5
2	1	2	3	1	4	1on	1	2	2	3	1	2	2	3
1	2	9	1	2	1	8	1	1	1	1	4	2	4	5
1	3	1	2	1on	4	7	1	1	3	1	5	6	2	1
1on	1	4	1on	3	1	4	1c	1	1	1	2	2	4	2
5	5	1	12	1	7	6	2	3	1	4	2	1on	2	3
2	4	2	7	2	5	4	1on	3	4	1on	2	4	1	1
6	1on	2	4	3	1	6	2	2	1c	1	7	2	1on	2
3	5	1c	10	1	1	5	3	1	2	2	1	8	3	7
6	7	3	3	2	1on	7	7	1c	8	5	1	7	2	1c
6	1	8	8	1	8	4	1	3	5	1	1	5	1	2
1	1	6	2	2	1	1on	3	2	6	2	4	5	1	5
7	2	1	1on	4	1c	3	2	1	3	3	3	4	3	6
7	1	2	2	4	4	5	1	4	3	1c	2	1c	8	6
6	1	7	8	3	2	1on	2	1	1on	1	1	5	2	1
4	1	7	1on	1	10	3	3	6	2	2	5	4	2	6
2	6	1	5	1c	3	2	2	1	1on	4	2	1	2	4
1c	5	1on	7	1	5	1on	3	1c	1	1	6	1	1c	1
1on	2	6	1on	1	3	3	1	2	7	3	2	1on	2	1c
9	1	6	4	2	8	4	2	7	1c	1	6	1	1	1
1on	5	7	7	1	2	1	7	1	5	2	1	1on	1	1on
1on	3	6	1	1	1	9	5	1	4	3	1on	1on	2	5
5	1	1	5	1	6	1on	2	3	1on	10	3	2	3	1
7	1	9	1	4	3	1	1	2	9	2	1	1	2	4
5	1	1	1on	2	1	6	5	3	5	2	2	1c	1	3
1on	1	4	4	6	3	5	5	4	1on	9	4	4	8	2
5	1	2	5	2	2	3	2	4	1	2	2	6	6	1
2	1	2	1	3	1	1	1c	1	1	4	1	5	1	1
4	2	5	1	1	7	2	2	1on	4	1	2	2	12	6
1c	1	5	1	2	1	1on	1	4	1on	4	1	1	2	2
1	4	3	1on	1	2	5	1	4	4	1	5	3	2	3
1on	2	5	2	4	1	3	3	2	1	4	6	1on	7	1
4	6	1	2	1	7	1	4	5	5	1c	2	1	3	4

3	1	6	1c	2	4	1on	2	2	2	2	1	1on	4	5
3	2	4	2	1	1c	3	2	2	7	2	7	1	1	5
4	2	1	4	5	5	7	3	2	5	3	5	2	1	1
6	3	3	4	2	6	7	1	3	4	1	2	1	1	2
1on	3	2	5	3	5	5	6	4	8	7	3	4	6	6
1	4	3	1on	3	4	7	1	1	2	2	5	2	1	3
3	2	2	4	3	8	1on	8	1	1on	7	3	4	2	4
2	6	3	6	2	2	3	1	1	2	2	2	6	4	2
5	1	4	3	4	1	7	1	6	4	1	2	1on	5	1
2	2	1	4	2	5	3	2	1	7	3	7	3	4	5
2	1c	1	1	1	3	5	3	8	1	9	3	5	1	1
3	1	3	1on	1c	5	1	3	4	5	1	1	3	3	3
1on	2	3	2	3	7	1on	3	1c	2	4	5	3	6	8
2	3	5	1	1	1	4	1	2	1on	4	1	2	1	6
2	1	7	5	1	7	6	7	4	1	2	5	4	4	9
7	1	7	2	3	9	9	9	1	6	2	1	5	3	4
5	4	6	1on	1	1	5	1	4	4	5	1	5	3	3
2	1	6	2	4	1	9	1c	1	6	3	1	6	1	3
1on	3	1	9	1	2	4	1	3	7	1c	1	1on	3	1c
5	3	5	10	1	1	9	2	1	3	2	7	5	2	4
4	4	8	4	2	7	4	4	2	3	1	6	1on	2	1c
9	5	3	8	3	4	3	2	8	1on	5	3	3	1c	4
3	1	1	1	1	2	11	4	1	7	1	6	2	2	3
1c	5	7	3	1	1	2	1	3	7	8	7	1	1	8
7	1	2	3	6	1c	3	2	4	7	10	6	8	2	6
8	1	4	7	5	4	11	6	6	6	2	1	10	2	3
6	5	2	1c	3	1c	1	2	2	6	1	2	6	4	1
5	2	6	1	4	5	2	2	7	9	6	2	6	1	5
4	6	2	3	1	1	9	4	1	6	1	6	6	2	3
1	1	1	11	2	3	1	2	3	10	1	2	6	7	5
1c	1	3	5	1	11	7	3	7	6	1c	3	1	3	7
3	3	6	12	1	6	11	3	1	5	2	1	9	3	8
4	2	2	4	5	1c	1on	3	1	1on	6	6	3	3	3
1on	1	2	1	1	1	1	1	1	3	2	2	5	3	2
7	2	7	14	1	1	2	1	3	6	1	8	1on	7	9
6	2	2	1on	1	3	4	2	1	1on	1	2	7	7	5
8	3	3	1	3	6	1on	1c	6	9	6	6	3	3	10
7	6	9	1c	3	1	3	2	2	4	1	9	10	2	1
1on	1	2	2	1	1	5	1	1	8	5	2	6	1	2
8	6	2	1c	2	1c	2	3	2	5	1	4	3	3	9
4	1	6	8	1	1	1c	1	4	4	2	7	1on	2	6
1c	1	3	1	1c	4	8	2	6	1on	1	7	9	1	6
7	3	7	3	3	4	2	5	5	4	1c	1	1	2	1
3	5	5	8	4	1	4	1c	1	5	2	2	2	5	7
9	2	7	4	2	13	1on	1	5	5	4	6	12	5	7
6	2	2	1	5	1	4	3	1	1on	3	1	6	1	8
1c	4	3	1on	1	1	1on	10	1	1on	1	2	1on	2	2
1on	5	2	9	4	7	2	4	7	8	1	6	3	1	2
2	1	8	1c	2	1	7	6	1	10	4	1c	1	1	1
1c	4	1	4	1c	3	7	1	6	6	2	2	3	2	8
5	2	3	1on	1	3	12	6	1	7	3	1	8	5	3
10	4	1	4	3	7	2	1	5	6	4	4	1c	4	4
1on	1	1c	10	2	1	9	2	9	6	2	2	1on	5	8
11	5	5	11	4	2	2	1	1	1c	3	7	4	4	2
5	1	1	5	2	4	10	4	3	7	3	1	10	2	1
11	6	3	12	2	7	1	2	9	6	2	1	5	1	3
1	1	5	1	2	1	8	6	2	1c	5	5	8	5	2
5	5	1	13	2	9	1on	2	3	3	3	2	1	1	2
11	2	1	1	1	8	5	1	8	4	5	1	7	1	2
1on	3	7	1	4	1	1	4	1	1c	6	6	8	2	10

2	5	1	8	4	5	1c	1	1	4	1	5	4	4	2
11	1	2	1on	2	5	6	1	3	1on	3	1	3	1	3
2	4	6	1on	1	1c	2		7	3		5	3	1	1
1	3	8	3	3	3	1on		1	1on		1c	3	1c	10
1on	1	5	9	1	6	11		7	1		1	1on	1	1
11	1	8	7	3	1	2		11	8		4	3	3	2
8	4	2	11	2	5	10		2	4		6	1c	2	5
5	3	1	1		1	4		1c	8		1	10	4	1
9	7	6	2		9	5		4	4		6	3	2	2
1on	6	4	2		1	1on		1	8		7	1	1	8
1	1	7	1on		5	3		2	1		3	8		4
3	1	3	4		3	5		1	5		1	2		7
5	2	5	1on		3	1on		6	1c		8	3		2
1c	1	9	1		8	5		3	3		2	1on		2
5	1	2	1		2	7		1	2on		2	3		10
5	3	4	11		6	6		9	5		4	2		1
1on		4	8		6	4		1	4		2	1on		7
7		1	10		1on	2		1	2		5	5		4
3		3	1		1	1		3	1on		1	10		1
4		1	4		5	5		9	5		1c	4		4
1on		5	3		8	1		1	1		1	6		2
4		3	1on		8	5		3	7		3	2		1
7		4	5		3	2		8	3		3	8		1
4		7	9		4	1on		1	4		8	3		5
1		3	1		1	1on		8	3		1	1on		2
1		1	2		1	5		1	4		3	4		3
8		1	1on		2	5		3	8		1	1on		1
5		1	6		4	3		6	2		6	5		1
3		1on	5		1	1		1	3		2	3		7
1on		1	3		1	6		3	2		6	3		3
5		4	7		5	5		1c	1		3	1		8
2		1	4		2	1on		1	2		1	1on		4
4		6	4		1	1		3	1on		10	5		5
4		4	4		5	3		7	6		6	3		3
8		5	1on		1	1		3	3		1on	2		5
3		4	1on		9	1		1	4		1c	4		5
1c		2	7		2	9		5	9		2	3		1on
6		4	1		1	5		2	3		9	6		1
3		2	7		4	5		3	2		1	4		7
1		1	6		8	1on		2	2		3	3		5
5		3	1on		2	7		8	1on		1	1		1
2		7	5			3		1	4		1c	5		2
4		4	1on			1on		1	4		4	2		1c
3		1	1			7		2	1on		1	4		2
3		6	5			5		1	4		2	1		3
1on		1	1on			1on		3	4		1c	2		7
1on		3	2			6		3	1on		1	4		1
5		4	1c			10		2	1		1	1on		6
1on		1	5			1on		1	4		3	1		3
1		5	1on			1		5	6		1	1on		4
5		2	5			3		1	5		7	1on		3
1c		2	5			8		3	2		1	3		4
6		5	2			1on		8	1on		3	1c		7
2		4				5		4	3		1	1on		2
1on		4				8		6	3		7	1		1
3		1				7		1	7		1	11		
5		6						1	1on		1c	3		
5		1						1	7		3	4		
2		1						6	5		2	1on		
7		2						2	1		1	6		
1								3	1		6	2		
1on								1c			1	3		
2								2			1	1on		
1on								2	1on		8	25		
3								3			1	1c		
7								2				2		
								2				5		
								1				2		
								3				1		
								2				1on		
								3				2		
								7				3		
								1				1		
								2				2		
								2				2		

### Dados coletados sobre quantidade de veículos saída do hospital rumo ao cruzamento.

SENTIDO SETE DE SETEMBRO														
Segunda-Feira			Terça-Feira			Quarta-Feira			Quinta-Feira			Sexta-Feira		
07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00			07:00 a 09:00		
Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita
1	6	1	1	5	3	1	6	3	1	7	2	1	5	2
2	2	1	1	10	1on	1	9	2	1	8	3	1	9	3
1	9	1	1	5	1	1	8	2	1	3	3	2	1c	2
1	6	1	1	2	3	1	1c	1on	2	2	1	1	3	2
1	2	1	1	2	1	2	5	1	1	10	1	1	7	3
2	4	1on	1	3	1on	1	3	2on	1	5	2	2	6	1on
1	1c	2	1	3	1on	1	2	1	1	3	2on	1	4	1
1	6	3	1	4	3	1	7	2	1	10	1	2	8	2
1	10	1	1	1c	1on	1	8	1	1	7	1on	1	5	1
1	1	2	1	3	3	1	5	1on	1	5	2	1	7	2
2	3	2	1	3	3	1	4	3	1	5	1	1	1on	2on
1	6	1	1	10	2	2	6	2	1	5	7	1	9	1
1	1c	2	3	4	3	1	6	2	1	4	1	1	7	2
1	1c	2	1	1on	3	1	4	1c	1	1on	1	1	5	1
1	9	1	1	8	2on	1	7	4	2	9	3	2	8	3
1	1	1on	2	2	3	1	1on	2on	2	6	2	1	1c	4
2	9	1	1	1c	3	2	6	1	1	1c	3	3	3	3
1	1	1on	1	3	1c	2	1c	1	1	7	1on	1	5	1on
1	8	4	2	9	1	1	9	1on	2	2c	3	1	10	2
2	1	2	1	6	1	1	5	2	3	8	1on	1	9	3
3	1on	1on	1	1c	1	1	6	1	1	1c	1on	1	7	2
2	5	3	3	4	2	1	8	1	2	7	2	3	6	1
1	8	1on	1	1	3	3	6	3	1	7	2	1	1c	1on
2	9	2	2	11	1c	1	9	1	3	8	2	1	10	1
1	5	1on	1	12	1	1	10	1	4	13	2	1	11	1
1	5	6	2	12	1	1	12	1	1	11	2	2	10	1
2	1	1	1	1on	1	2	7	2	1	6	4	1	8	1on
1	9	3	1	8	1on	1	6	2on	1	1on	1	1	7	1
1	7	6	1	6	1on	3	1c	1	1	10	2	1	9	3
1	6	3	3	12	3	1	10	1	2	11	3	1	12	3
2	7	4	1	11	1on	1	9	1		9	2on	2	11	2
1	2	1	1	4	1	1	1on	1on		5	1	1	1on	2
1	4	1on	1	7	1on	1	9	3		14	1	1	12	1
1	4	2	2	12	1	2	8	2		11	1	2	9	2
1	2	3	2	13	1	1	10	1on		8	2on	1	11	2on
2	1on	1on		8	3	1	1c	2		5	1	1	7	3
2	9	1		9	4	1	12	1		16	3		13	4
1	4	2on		1c	2	1	7	3		5	1		6	3
1	1c	1		1	2	2	3	2		1c	2		1c	3
1	3	2		12	5		9	4		13	1		8	4
2	8	2		13	3		13	2		16	2		10	3
1	14	3		10	4		12	3		7	1		9	2on
1	5	3		14	2		10	3		9	2		9	3
	3	4		7	1		8	1on		1c	1on		10	1
11	1			1c	2		9	1on		8	2		1c	1
7	3			3	2on		1c	3		10	5		6	2
1	3			1c	1		10	2		15	1on		11	1on
11	1c			3	1on		7	2		14	3		6	2
13	5			1c	2		8	3		1c	5		9	1
10	1			8	1on		6	2on		6	1on		7	3
1c	2on			2	6		7	2		9	5		5	4
15	3			1c	1on		8	1		6	1on		5	3
4	1c			19	2		13	2		11	3		12	1on
7	2on			7	3		9	3		10	1on		11	2
16	1			1	1on		6	1c		8	2		4	2
6	4			15	2		8	4		10	4		10	3

2	1on	5	2	5	1on	8	2	1c	3
1c	2	1c	2on	6	3	7	1on	6	2on
4	3	5	5	1c	4	14	1	9	4
16	3	12	2	10	1on	5	1on	8	1
4	1on	1c	1	8	1	10	3	8	1
5	1on	16	1on	9	3	8	3	11	2
16	3	14	1	13	3	13	4	12	2
3	5	7	1	10	1on	9	1on	8	1on
13	2	1c	3	1c	2	11	1	10	3
17	3	10	2	15	2	13	3	13	3
10	1on	10	2	9	3	1on	2	1c	3
18	1	1c	4	12	1	6	1	8	4
7	4	11	1on	13	2	11	1	9	1on
5	3	15	1on	9	2	11	2	13	2
5	1on	10	1	1c	3	1c	1on	11	3
2	1	1c	1	10	2on	13	3	12	2
6	1	10	1on	7	1		2	9	3
1	3	6	3	4	1		1on	7	1
6	1	1c	4	1on	5		3	8	5
1c	5	1	3	5	3		3	1c	3
1c	4	12	1	8	3		3	10	4
10	1on	12	2	9	1on		1on	9	3
6	2	3	1on	2	2		1	1on	2
1c	1on	4	1	4	4		2	3	2
4	1	13	3	2	2		4	8	1
1c	2	10	1c	2	2		1	6	1on
6	2	7	1	2	2		1on	7	2
7	2	8	1	3	3		3	5	1
13	1on	9	3	1on	1on		1on		2
4	4	4	1c	2	2		3		2on
3	1	6	1	2	2		1		1
5	4	1on	2	1on	1on		1		1
4	2	8	1	2	2		1		1
4	2	13	1	1	1		1		1
9	3		1on	2	2		4		3
1	1		1	1	1		4		1on
3	1on		3	2	2		1		2
1c	4		1on	1on	1on		2		3
6	2		2	3	3		1on		2
8	2		2	2	2		2		3
1c	2		2	3	3		1on		2on
4	1on			3	3		1		2
5	2			1on	1on		6		4
3	3			3	3		2		
6	2on			3	3		1on		
3	1			1	1		4		
1c	1						2		
3	1								
1on	3								
1	1on								
7	2								

**Dados coletados sobre quantidade de veículos saída Praça Serra Lima rumo ao cruzamento.**



SENTIDO PRAÇA SERRA LIMA AO MERGULHÃO											
Segunda-Feira		Terça-Feira		Quarta-Feira		Quinta-Feira		Sexta-Feira			
07:00 a 09:00		07:00 a 09:00		07:00 a 09:00		07:00 a 09:00		07:00 a 09:00			
Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita	Esquerda	Em frente	Direita
1on	3	13	2	11	3	12	1	10	2		
8	2	10	1	14	2	12	1	11	2		
1c	2	11	3	1c	1	7	2	12	1		
8	4	7	3	12	1	7	1	8	1		
5	2	4	3	6	4	11	1c	6	3		
8	1c	6	2	7	2	5	2	1c	4		
6	4	9	1	8	1	11	1	7	4		
1	2	11	1	5	1	3	1	8	3		
6	1	1c	2	9	1	12	1	5	2		
6	1	14	2	7	1	5	1	8	1		
9	1	2	3	4	3	9	3	6	1		
5	3	5	3	3	2	7	1	1c	1		
2	4	7	3	4	4	6	2	6	3		
1c	2	12	2	6	3	5	1	7	1		
6	1	1c	4	5	2	11	3	4	1		
7	3	6	2	7	2	6	1	5	2		
9	3	7	5	6	1	7	3	5	2		
8	3	3	1	1c	2	7	1	4	1		
9	2	7	2	8	1	1c	1c	6	2		
6	4	6	5	4	5	5	1	3	4		
6	3	8	2	7	1c	10	1	9	3		
7	3	10	1	9	3	6	3	7	3		
7	2	7	3	10	1	11	2	8	2		
6	2	1c	4	3	2	4	3	5	1		
9	1	4	4	7	4	5	1	1c	2		
6	2	11	4	8	3	12	1	10	1c		
4	1	1c	2	5	4	4	6	7	3		
6	3	6	3	1c	5	7	6	4	5		
1c	4	12	2	13	3	10	3	8	4		
6	2	11	6	9	4	8	4	10	4		
9	1	6	4	7	2	7	1	6	2		
4	2	12	2	8	1	2c	3	7	3		
1c	2	8	3	7	4	8	2	6	2		
6	3	9	5	7	3	8	2	6	2		
7	2	6	4	13	2	15	1	12	1		
1c	3	1c	4	9	2	11	2	9	1		
5	3	4	7	7	5	9	4	1on	1		
7	1	1c	4	8	3	11	7	11	2		
5	2	5	2	6	2	10	1	1c	1		
3	2	10	3	4	3	9	4	6	3		
10	3	10	1	1c	1	1c	2	8	2		
5	1	1on	1c	6	1	11	3	7	1		
9	5	10	2	11	1	13	3	7	1		
10	4	7	2	9	2	13	2	12	1		
11	3	1c	4	10	2	12	3	10	1		
1c	2	8	2	1on	3	1on	2	6	3		
8	4	10	2	7	2	8	4	8	3		
11	3	1on	1	1c	1	6	1	7	4		
10	1	8	3	11	1	9	1	7	2		
10	3	9	2	10	3	9	5	12	3		
10	2	9	2	10	2	11	3	9	4		
10	3	12	4	14	4	8	5	8	2		
8	3	12	3	12	2	9	2	10	2		
1c	1c	11	2	13	2	12	6	8	3		
2	1	8		6	3	11	2	1c	3		
5	2	11		7	1	11	2	6	5		

14	1	6	8	1	9	5	3
10	4	11	10		12	3	9
9		10	11		6	1	1on
10		5	7		8		9
11		10	1c		1c		8
6		7	8		9		7
1c		9	5		7		5
12		7	1c		8		5
12		12	10		12		11
9		1c	8				8
9		7					9
8		10					1c
7							8
6							5
7							
11							
9							

### Legenda

1c	1 Caminhão
1on	1 ônibus

### Configurações dos blocos saída mergulhão para semáforos 1 e 2.

Semáforo 2 (conversão à esquerda)

The screenshot shows a 'Create' dialog box with the following configuration:

- Name: Chegada veiculos mergulhao
- Entity Type: Entity 1
- Time Between Arrivals:
  - Type: Random (Expo)
  - Value: 10
  - Units: Seconds
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0

Buttons: OK, Cancel, Help



**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %

**Assign**

Name:

Assignments:

- 
- 
- 

**Assignments**

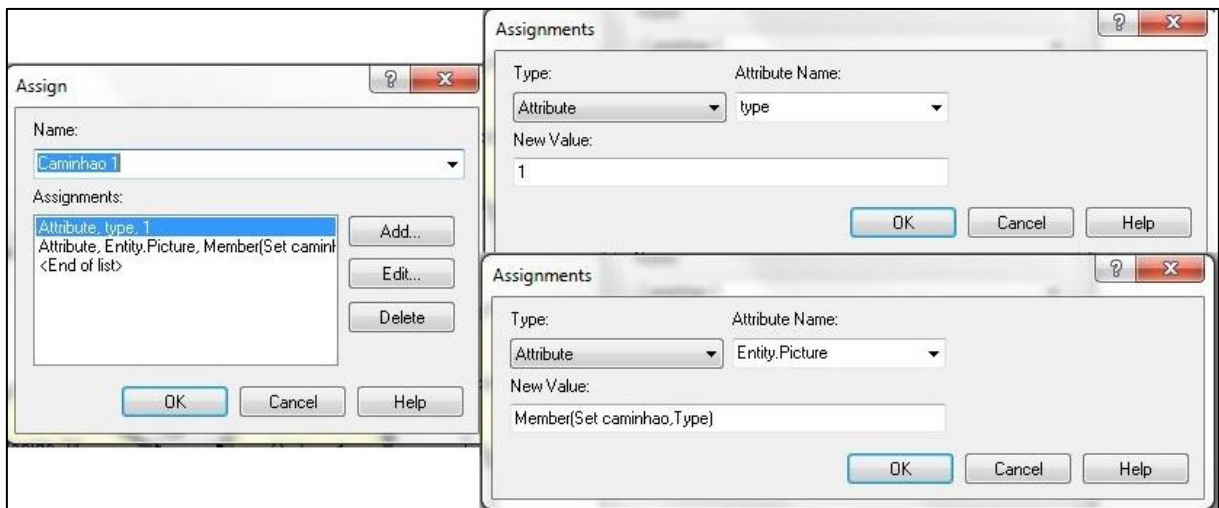
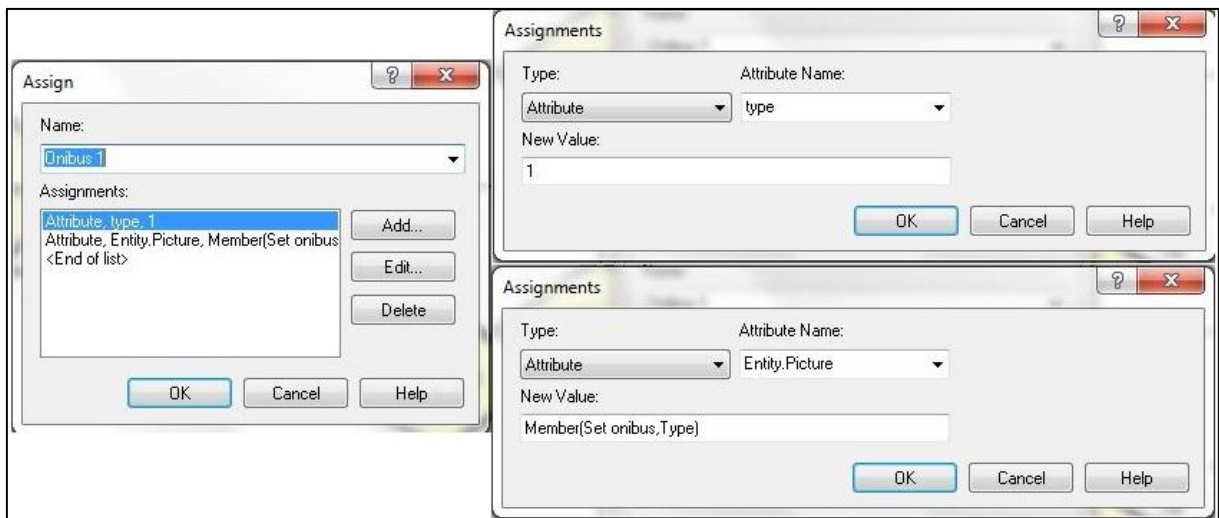
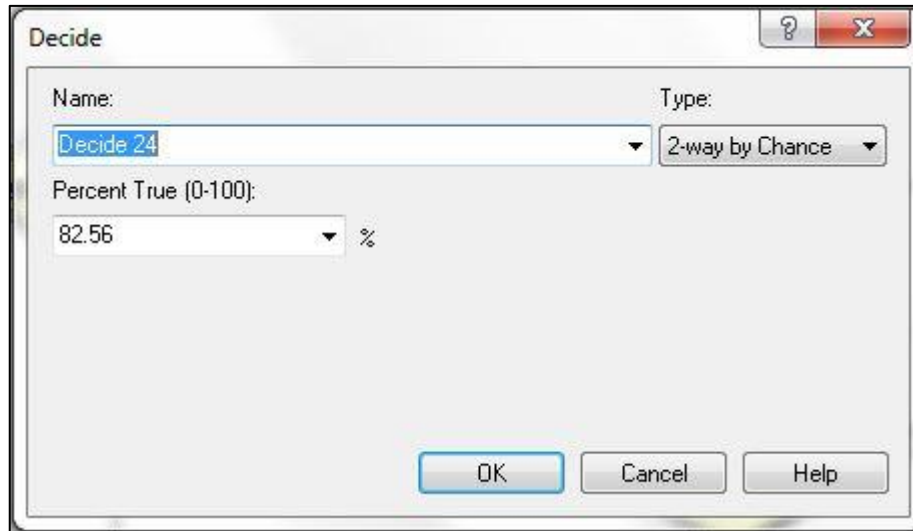
Type:  Attribute Name:

New Value:

**Assignments**

Type:  Attribute Name:

New Value:



**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

Add... Edit... Delete

Queue Type:  Queue Name:

OK Cancel Help

**Route**

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name:

Resources:

- 
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

OK Cancel Help

**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

<End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type:  Queue Name:

OK Cancel Help

**Decide**

Name:  Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:  
saindo1

Route Time: 2 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: b2

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: comeca sair1 Station Type: Station

Station Name: b2

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name: Release 2

Resources:  
Resource\_SEMAFORD2.1  
<End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

**Record** [?] [X]

Name: Record semaforo2 Type: Expression

Value: NQ(Seize 2.Queue)  Record into Set

Tally Name: Record semaforo2

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name: cruzamento para sete setembro e

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: m3

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

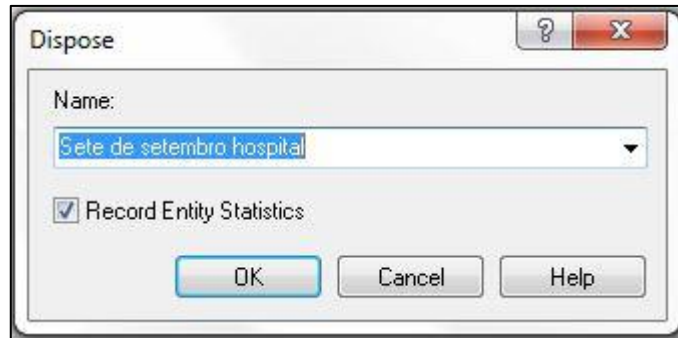
Name: sete setembro e Station Type: Station

Station Name: m3

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help



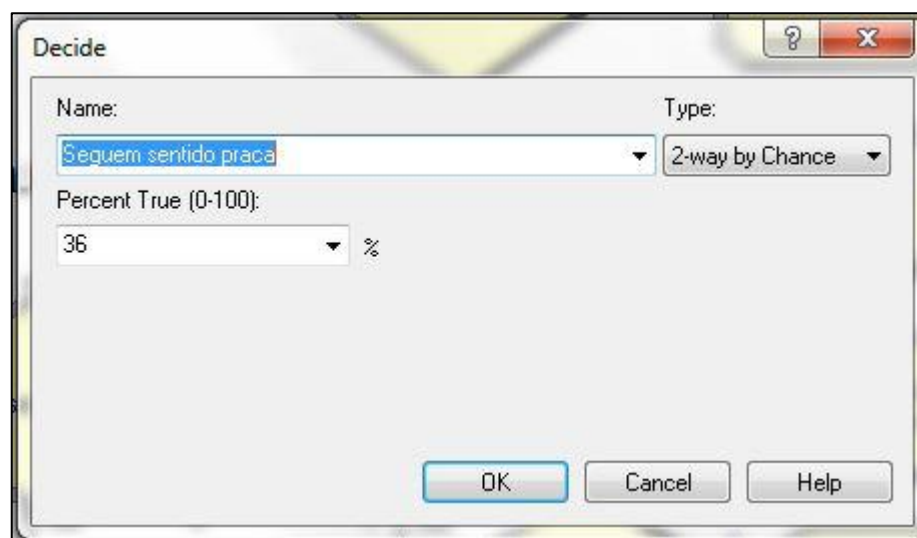
Dispose

Name: Sete de setembro hospital

Record Entity Statistics

OK Cancel Help

Semáforo 1 (Em frente rumo a Praça)

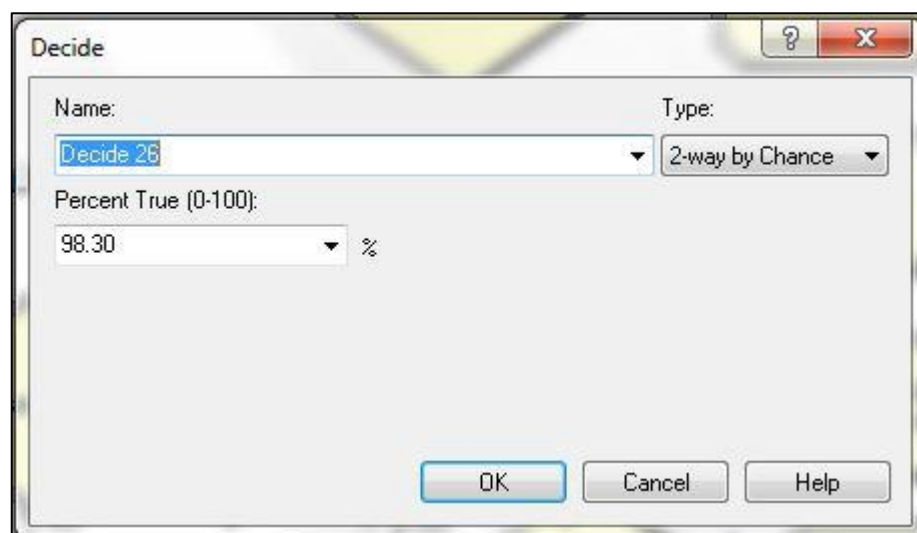


Decide

Name: Seguem sentido praça Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 36 %

OK Cancel Help



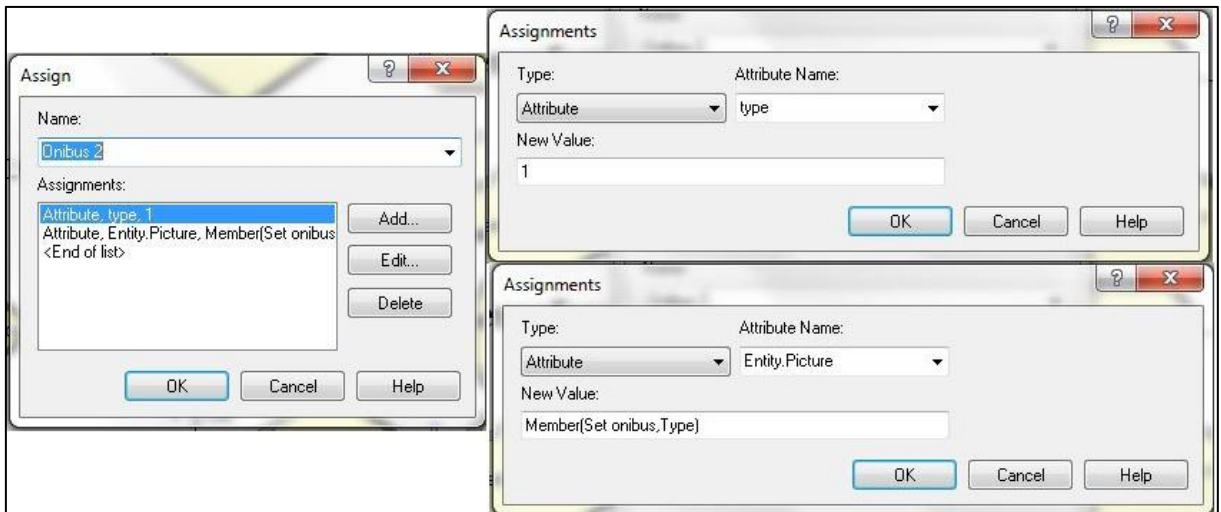
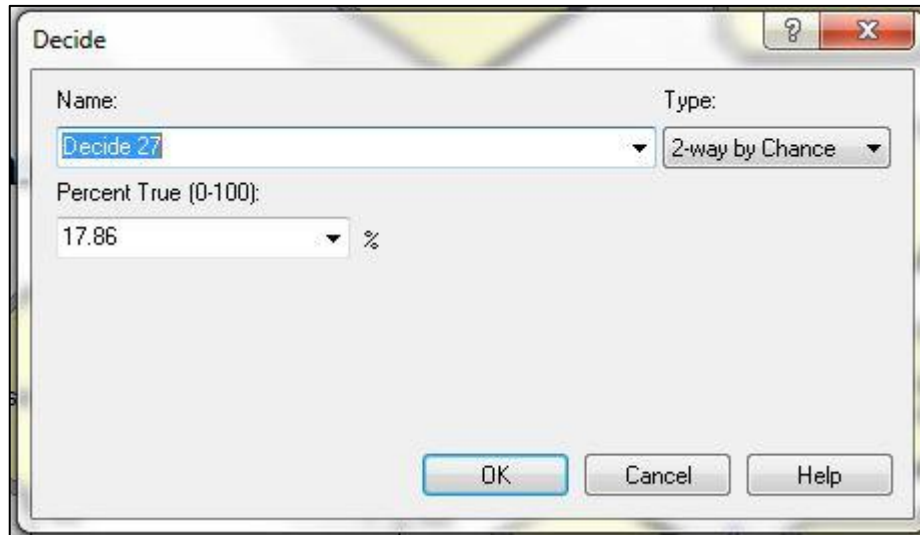
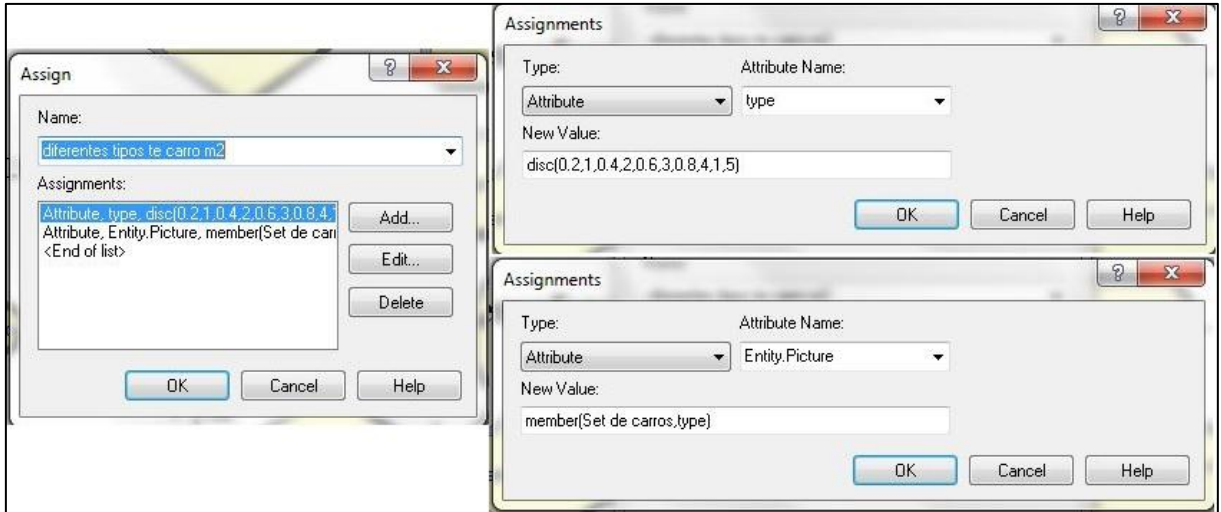
Decide

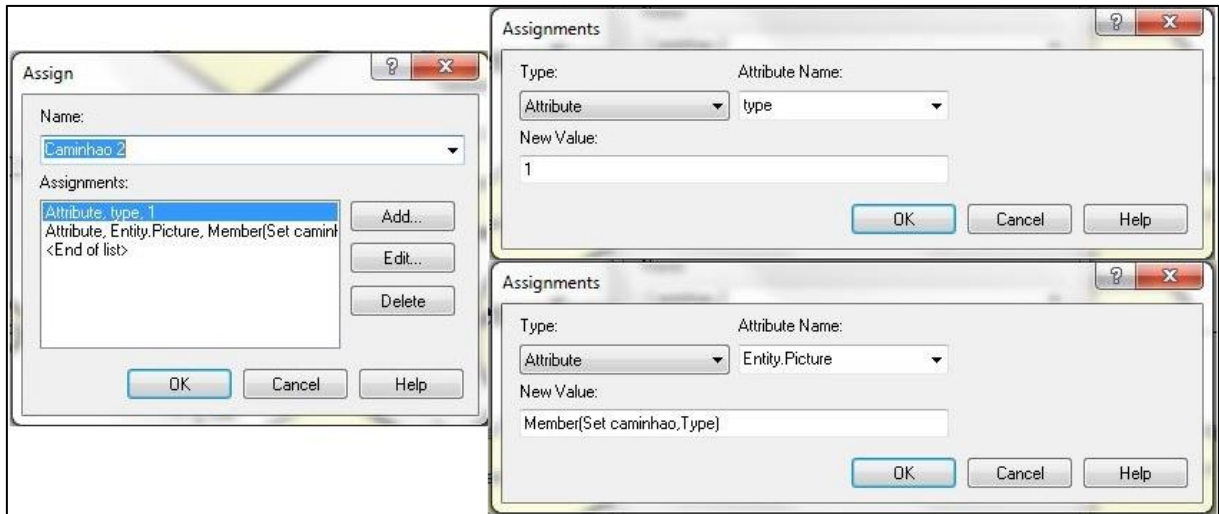
Name: Decide 26 Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 98.30 %

OK Cancel Help







**Route** [?] [X]

Name:  
Route 19

Route Time: 2      Units: Seconds

Destination Type: Station      Station Name: b3

OK    Cancel    Help

**Station** [?] [X]

Name: Station 26      Station Type: Station

Station Name: b3

Parent Activity Area:      Associated Intersection:

Report Statistics

OK    Cancel    Help

**Release** [?] [X]

Name: Release 4

Resources:

- Resource\_CHEGADA2.1
- <End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

OK    Cancel    Help

**Route** [?] [X]

Name: mergulhao para cruzamento f

Route Time: 8 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: m5

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: cruzamento f Station Type: Station

Station Name: m5

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize** [?] [X]

Name: Seize 4 Allocation: Other Priority: Medium(2)

Resources:

Resource: SEMAFORO1a, 1  
<End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Seize 4.Queue

OK Cancel Help

**Decide** [?] [X]

Name:  Type:

If:

Value:

**Route** [?] [X]

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

**Release** [?] [X]

Name:  
Release 5

Resources:  
Resource\_SEMAFOR01a\_1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

OK Cancel Help

**Record** [?] [X]

Name: Record semaforo1 f Type: Expression

Value: NQ(Seize 4.Queue)  Record into Set

Tally Name: Record semaforo1 f

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name: cruzamento para praca f

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: m6

OK Cancel Help

Station

Name:

Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:

Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

Dispose

Name:

Record Entity Statistics

OK Cancel Help

Semáforo 1 (Conversão à direita)

Decide

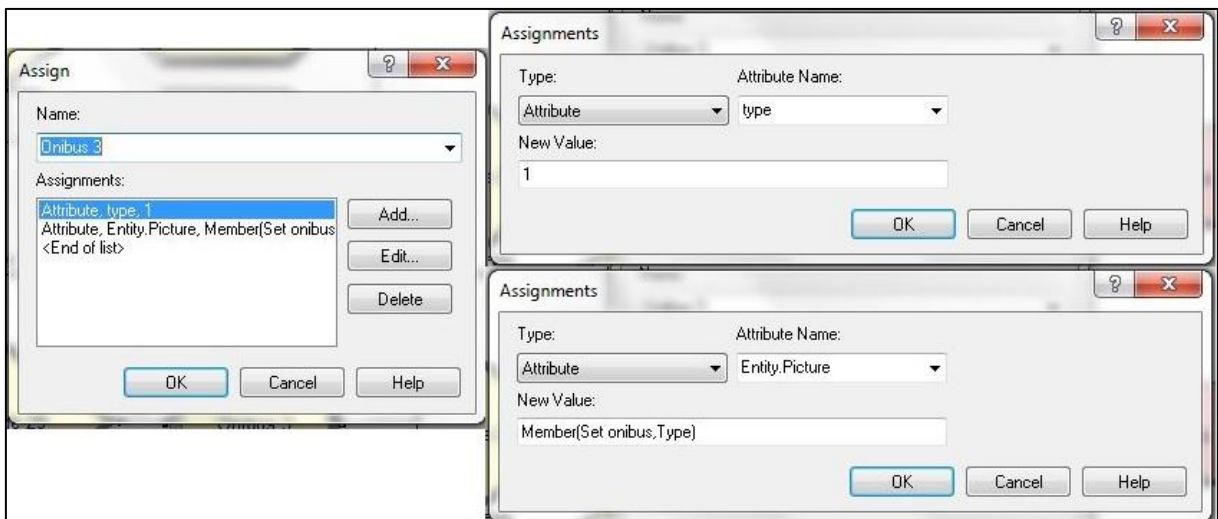
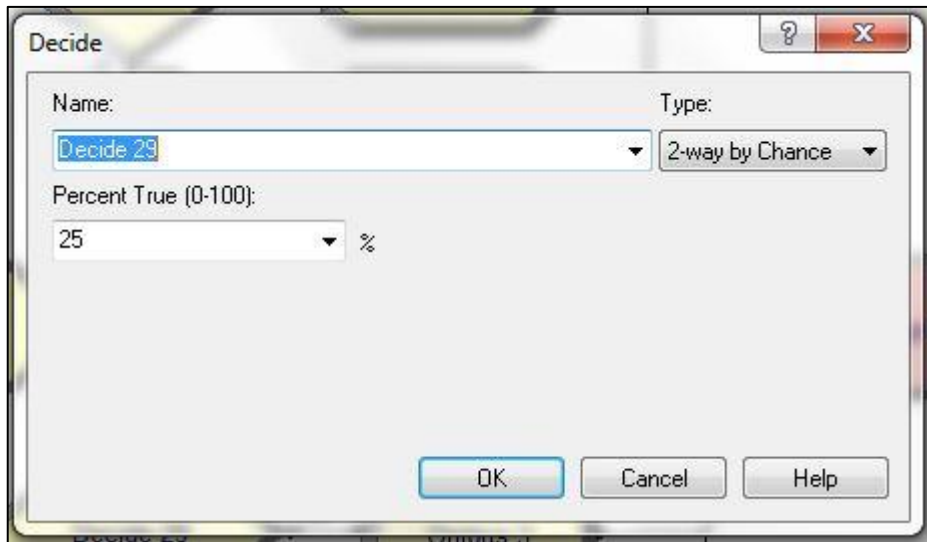
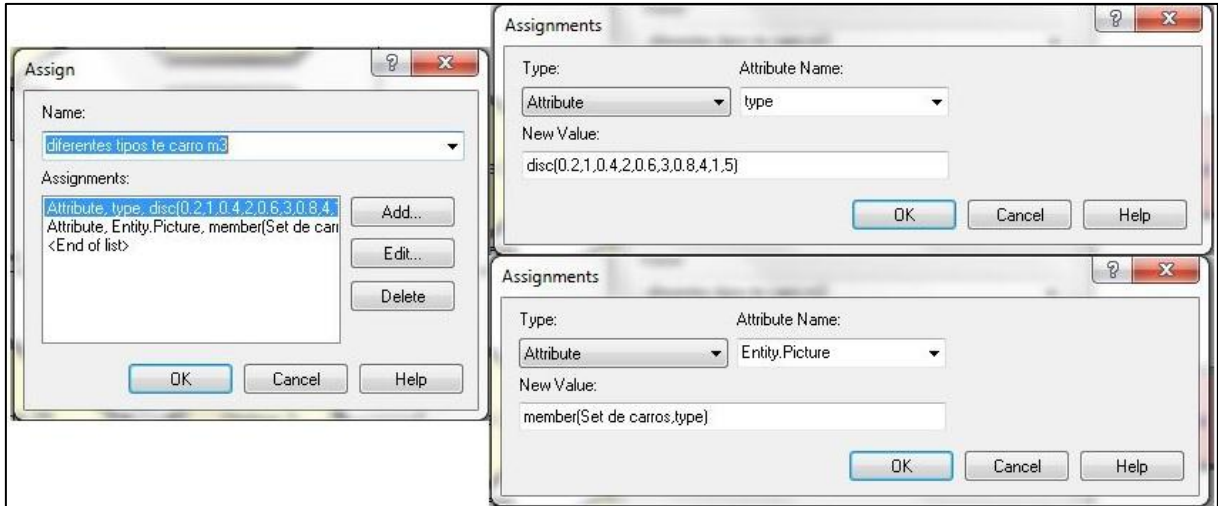
Name:

Type:

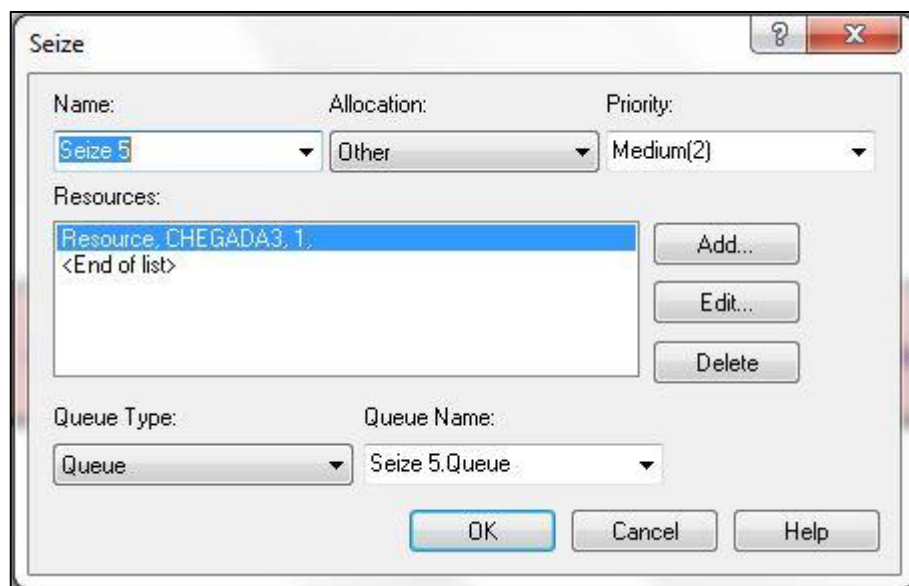
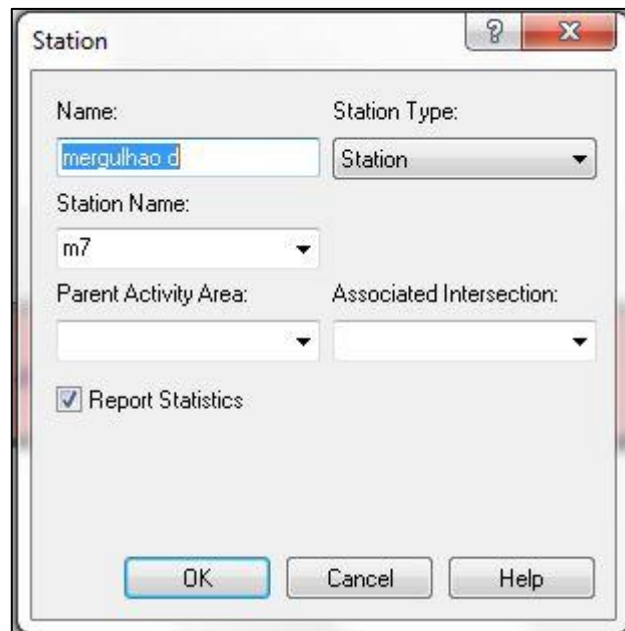
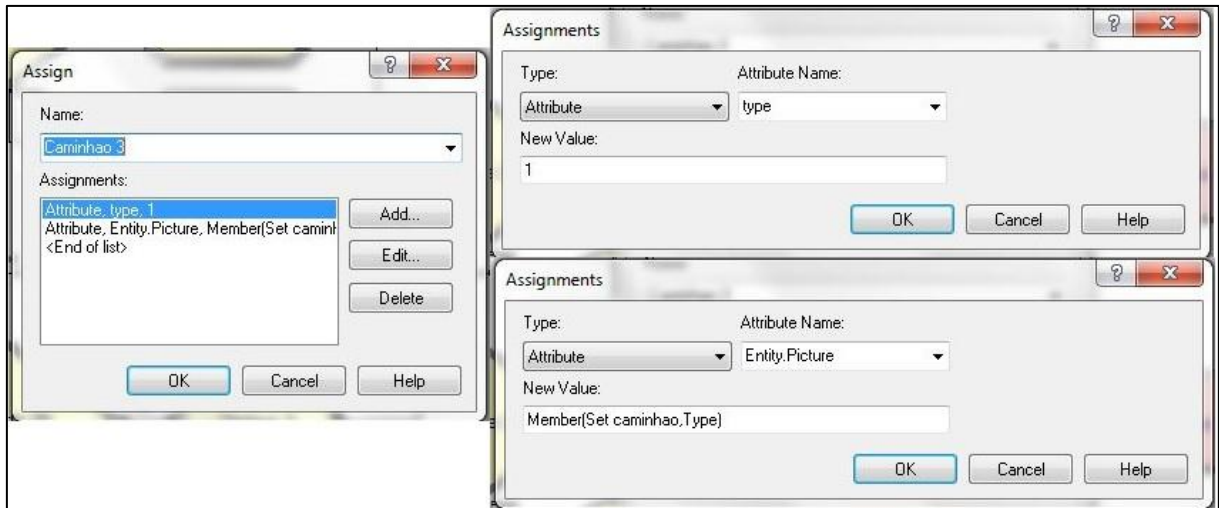
Percent True (0-100):

OK Cancel Help









**Route** [?] [X]

Name:  
Route 21

Route Time: 2 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: b5

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: Station 28 Station Type: Station

Station Name: b5

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name: Release 6

Resources:

- Resource\_CHEGADA3.1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:  
 mergulhao para cruzamento d

Route Time: 8 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: m8

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: cruzamento d Station Type: Station

Station Name: m8

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize** [?] [X]

Name: Seize 6 Allocation: Other Priority: Medium(2)

Resources:  
 Resource, SEMAFORO1b, 1.  
 <End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Seize 6.Queue

OK Cancel Help

**Decide** [?] [X]

Name:  Type:

If:

Value:

**Route** [?] [X]

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

**Release**

Name:  
Release 7

Resources:  
Resource\_SEMAFORO1b, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

OK Cancel Help

**Record**

Name: Record semaforo1 d Type: Expression

Value: NQ(Seize 6.Queue)  Record into Set

Tally Name: Record semaforo1 d

OK Cancel Help

**Route**

Name: cruzamento para sete setembro d

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: m9

OK Cancel Help

**Station**

Name: sete setembro d      Station Type: Station

Station Name: m9

Parent Activity Area:      Associated Intersection:

Report Statistics

OK    Cancel    Help

**Dispose**

Name: sete de setembro shopping

Record Entity Statistics

OK    Cancel    Help

#### Configurações dos blocos saída do hospital na Rua Sete de Setembro para semáforos 3 e 4.

Semáforo 3 (Conversão à direita)

**Create**

Name: Chegada sete de setembro      Entity Type: Entity 1

Time Between Arrivals

Type: Random (Expo)      Value: 10      Units: Seconds

Entities per Arrival: 1      Max Arrivals: Infinite      First Creation: 0.0

OK    Cancel    Help

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %

**Assign**

Name:

Assignments:

**Assignments**

Type:  Attribute Name:

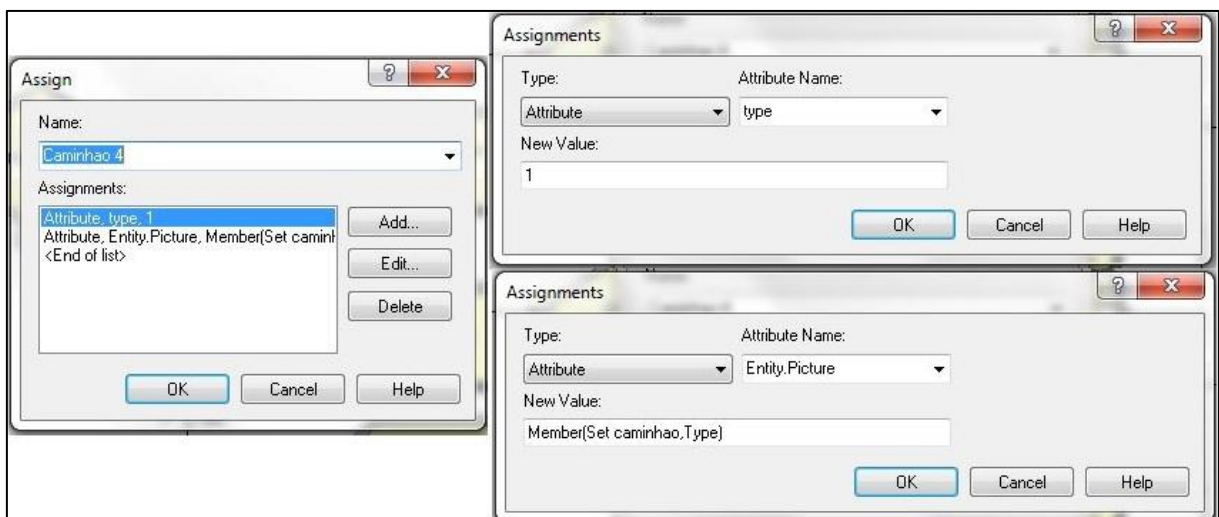
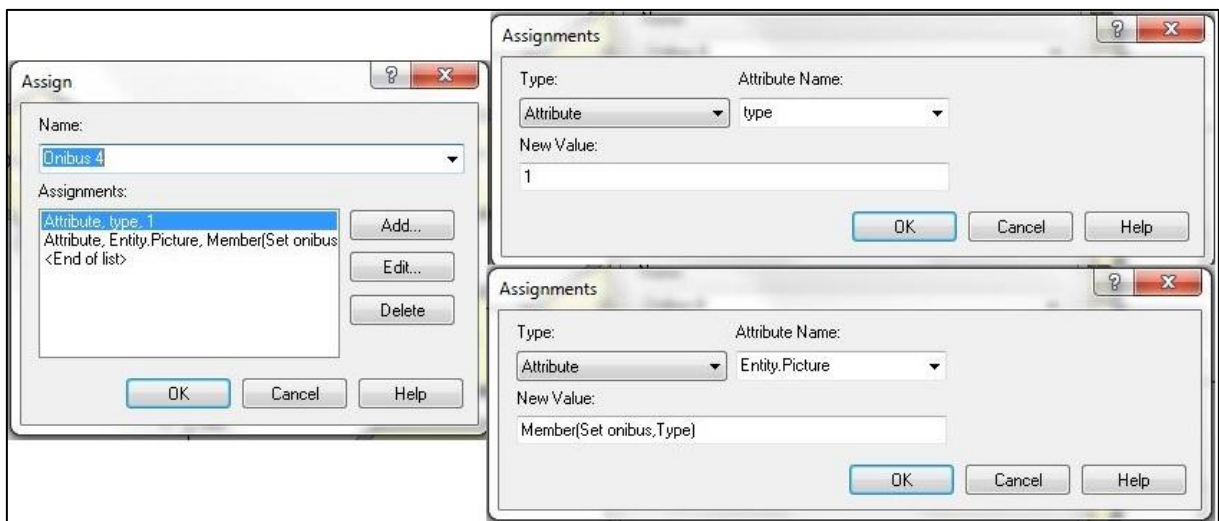
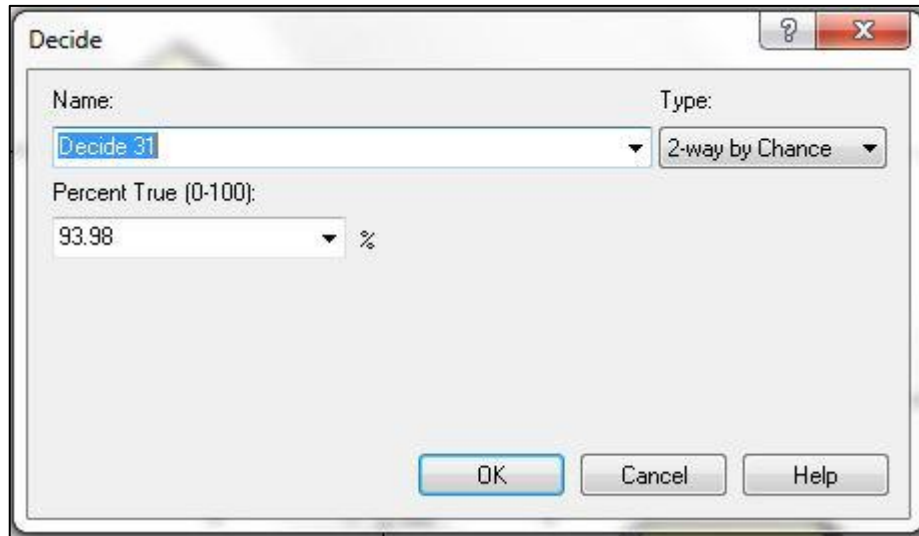
New Value:

**Assignments**

Type:  Attribute Name:

New Value:







**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize** [?] [X]

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

<End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type:  Queue Name:

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name:

Resources:

<input type="text" value="Resource_CHEGADA4.1"/>	Add...
<input type="text" value="&lt;End of list&gt;"/>	Edit...
	Delete

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

OK Cancel Help

**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Queue Type:  Queue Name:

OK Cancel Help

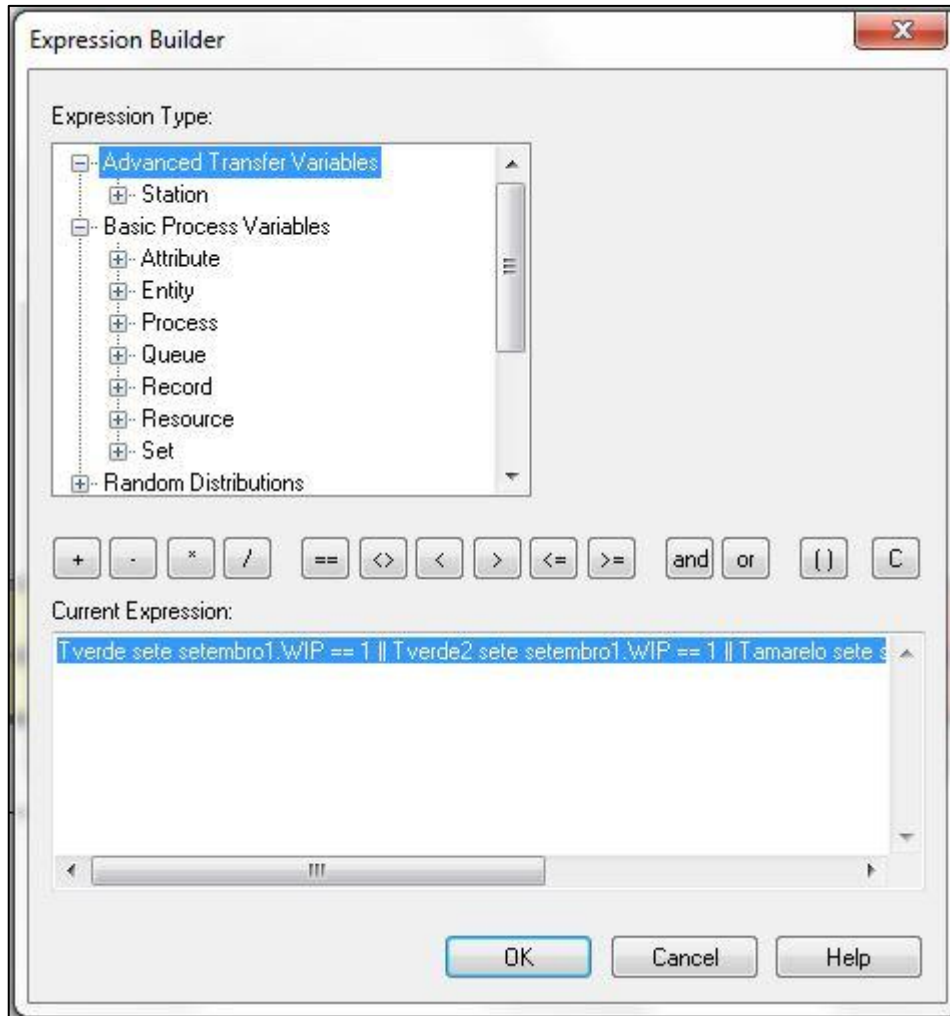
**Decide**

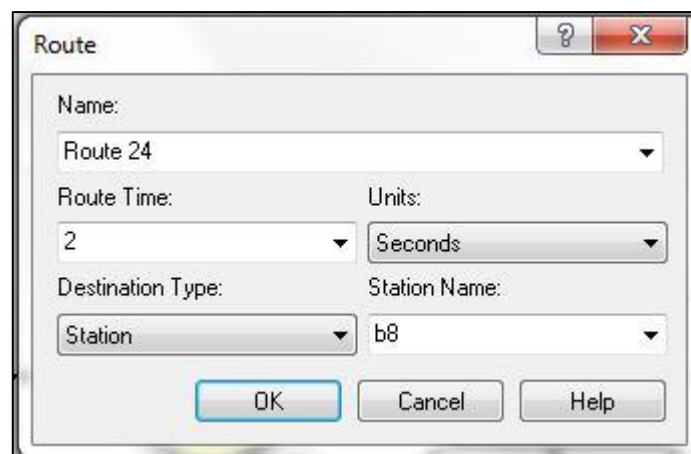
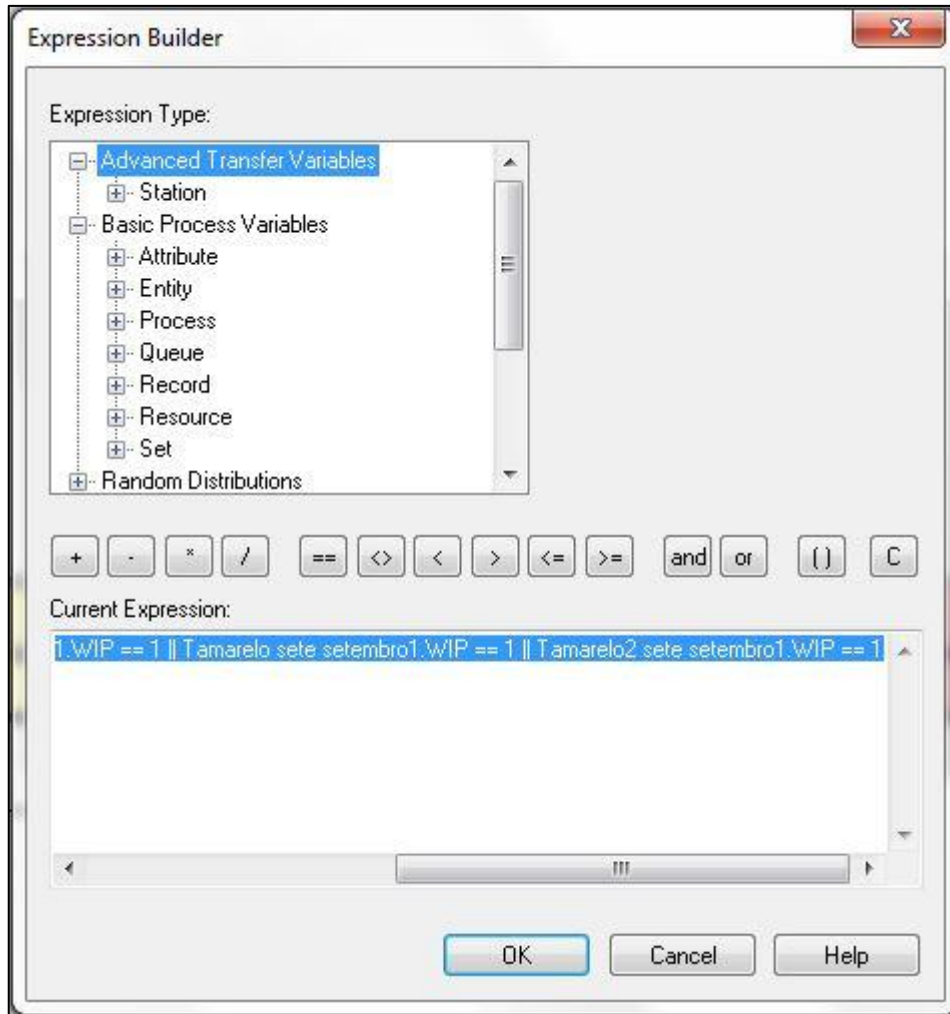
Name:  Type:

If:

Value:

OK Cancel Help





**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release**

Name:

Resources:

Resource_SEMAFORD3.1
<End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

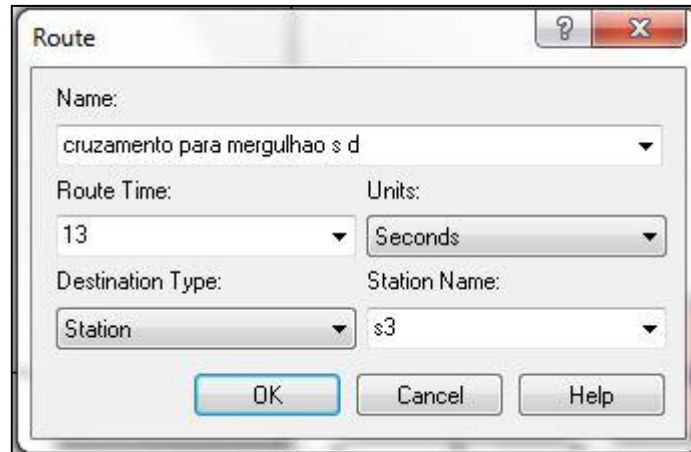
**Record**

Name:  Type:

Value:   Record into Set

Tally Name:

OK Cancel Help



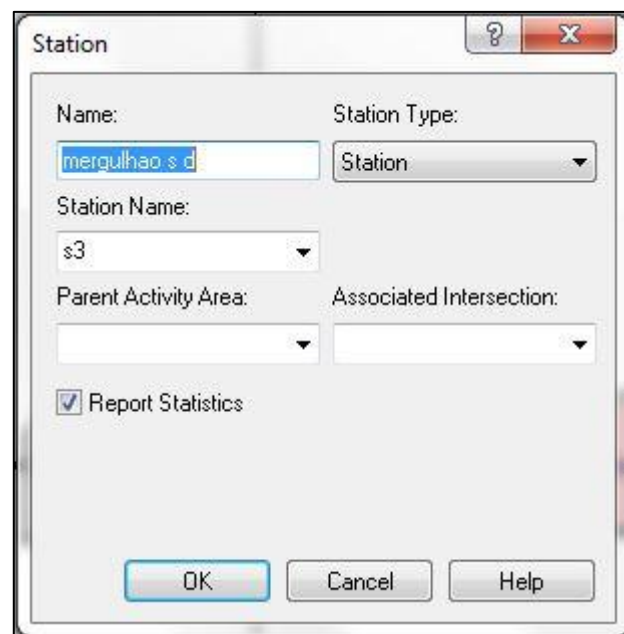
Route

Name: cruzamento para mergulhao s d

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: s3

OK Cancel Help



Station

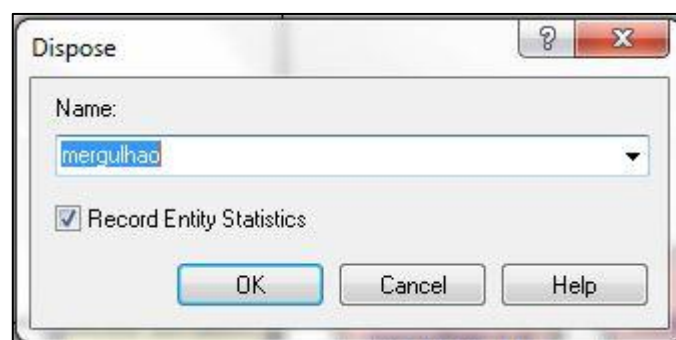
Name: mergulhao s d Station Type: Station

Station Name: s3

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help



Dispose

Name: mergulhao

Record Entity Statistics

OK Cancel Help

Semáforo 4 (Em frente e converge à esquerda)

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %

**Assign**

Name:

Assignments:

- 
- 

**Assignments**

Type:  Attribute Name:

New Value:

**Assignments**

Type:  Attribute Name:

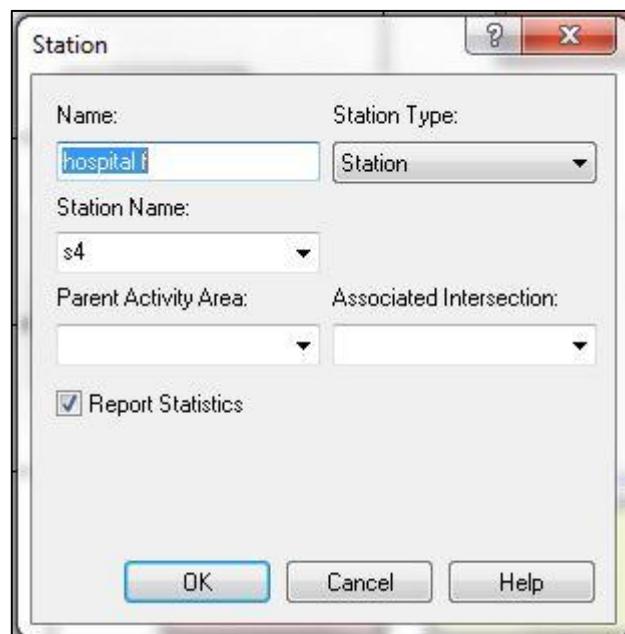
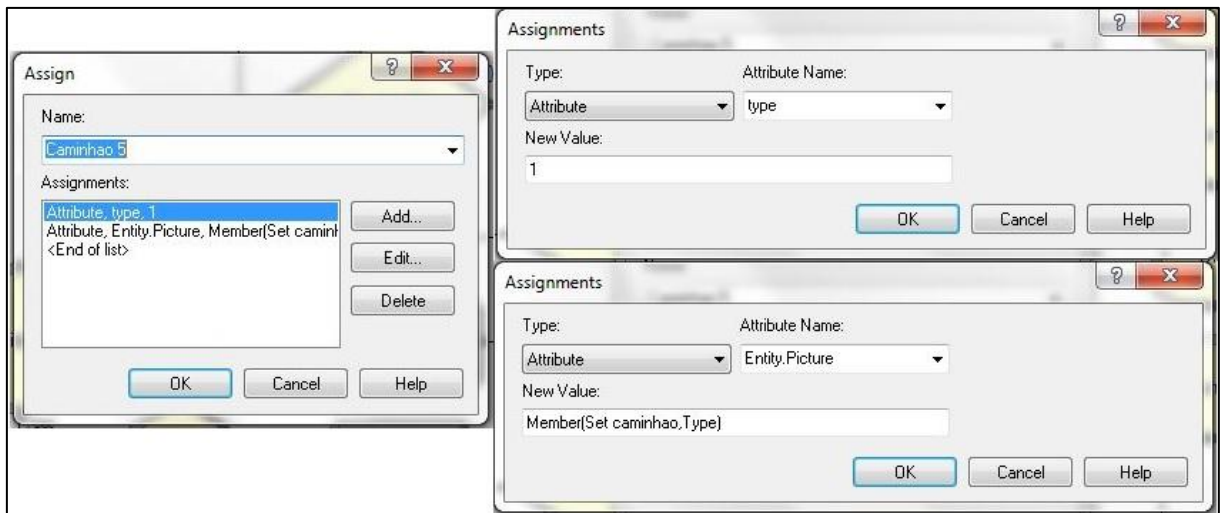
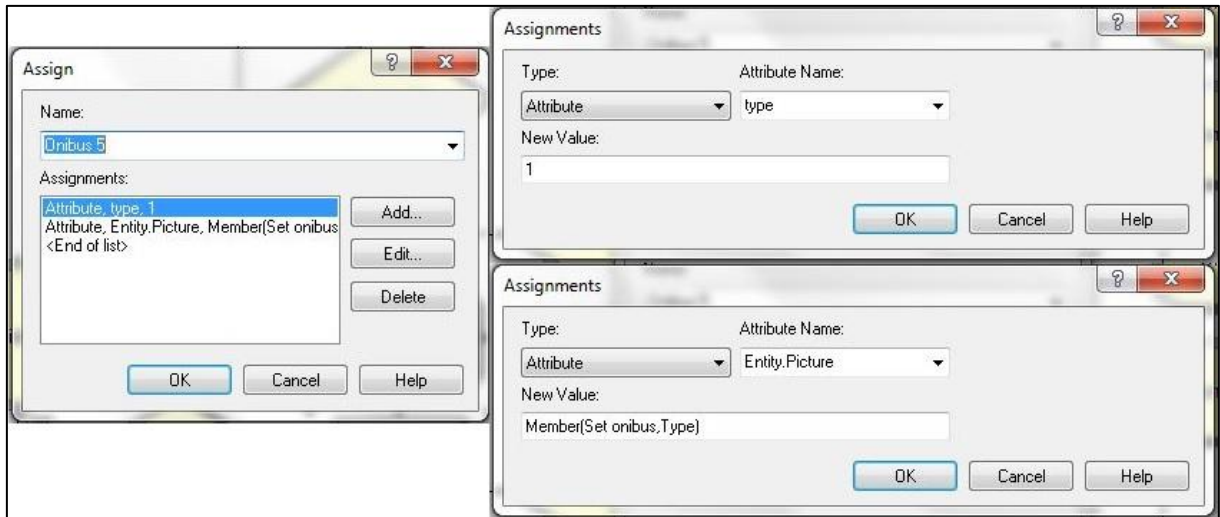
New Value:

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %





**Seize** [?] [X]

Name: Seize 9 Allocation: Other Priority: Medium(2)

Resources:

Resource\_CHEGADA5, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Seize 9.Queue

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name: Route 25

Route Time: 2 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: b9

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: Station 32 Station Type: Station

Station Name: b9

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name:  
 Release 17

Resources:  
 Resource\_CHEGADA5.1  
 <End of list>

Add...  
 Edit...  
 Delete

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name:  
 hospital para cruzamento f

Route Time: 8 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: s5

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: cruzamento s f Station Type: Station

Station Name: s5

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

Queue Type:  Queue Name:

**Decide**

Name:  Type:

If:

Value:

**Route**

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name:

Resources:

Resource_SEMAFORD4.1	Add...
<End of list>	

Edit...  
Delete

OK Cancel Help

**Record** [?] [X]

Name:  Type:

Value:   Record into Set

Tally Name:

OK Cancel Help

**Decide**

Name:  Type:

Conditions:

- Attribute, Entity.Picture, ==, Picture.6
- Attribute, Entity.Picture, ==, Picture.7
- <End of list>

**Route**

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

Decide

Name: sequem em frente Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 92 %

OK Cancel Help

Route

Name: cruzamento para praca s d

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: s7

OK Cancel Help

Station

Name: praca s d Station Type: Station

Station Name: s7

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

## Configurações dos blocos saída da Praça Serra Lima para o semáforo 5.

Semáforo 5 (converge à direita)

**Create**

Name:  Entity Type:

Time Between Arrivals

Type:  Value:  Units:

Entities per Arrival:  Max Arrivals:  First Creation:

**Decide**

Name:  Type:

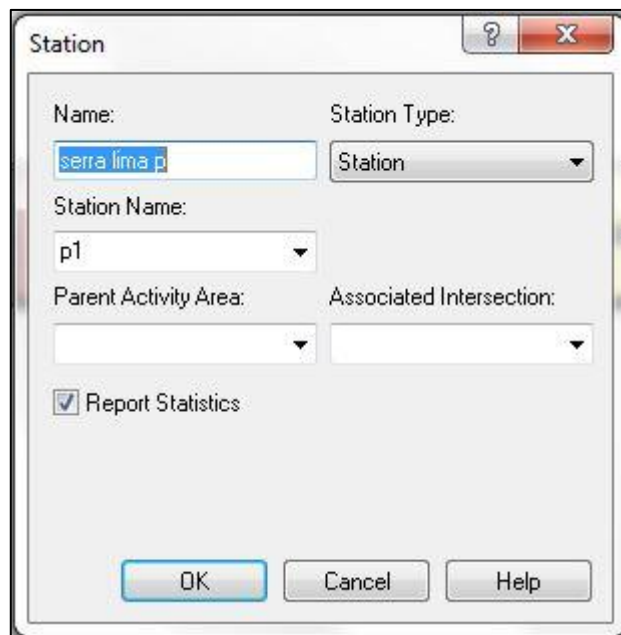
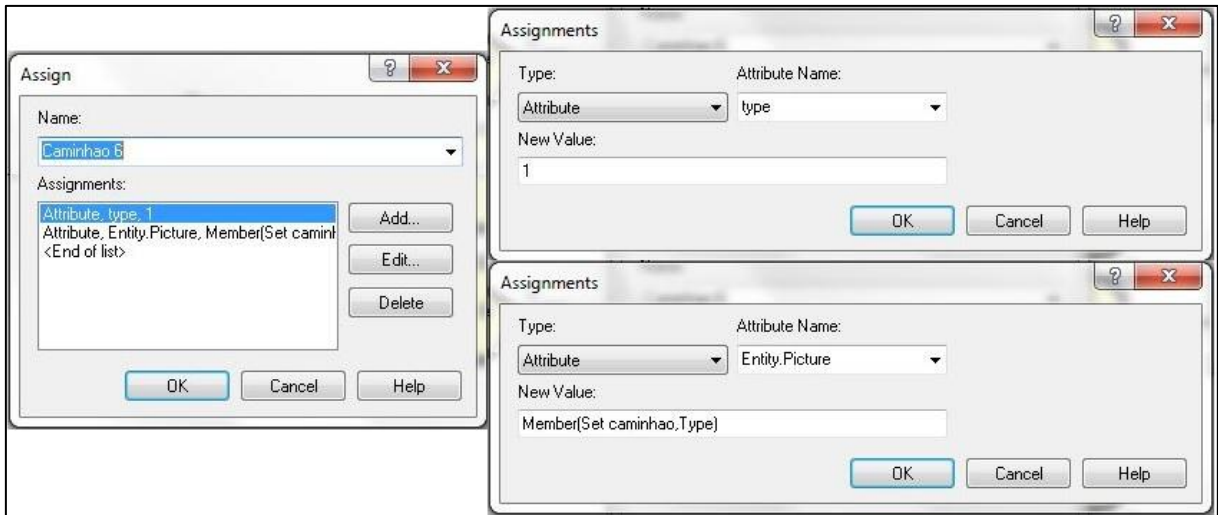
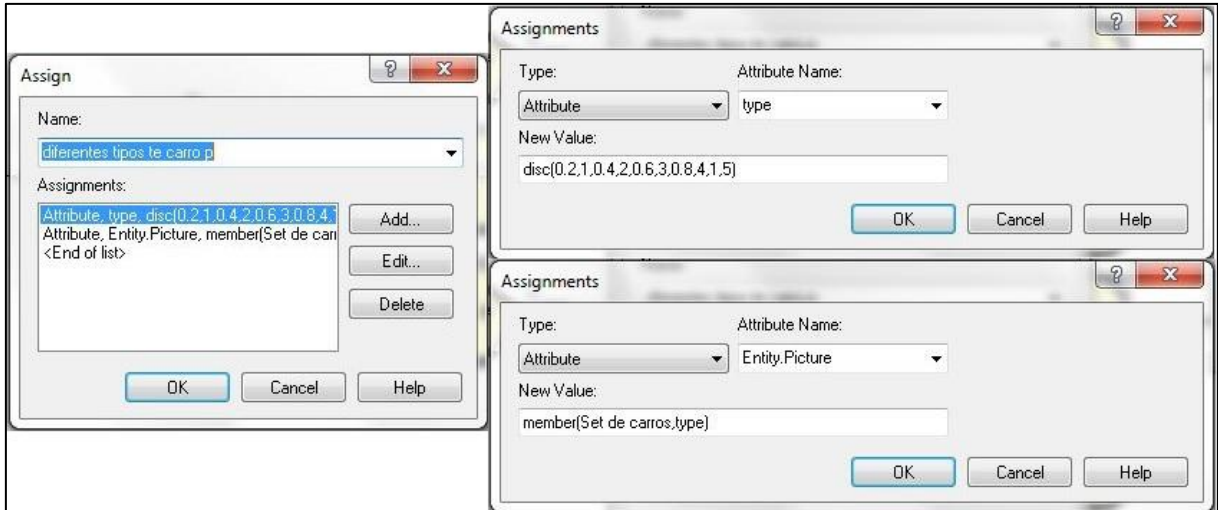
Percent True (0-100):  %

**Decide**

Name:  Type:

Percent True (0-100):  %





**Seize** [?] [X]

Name: Seize 11 Allocation: Other Priority: Medium(2)

Resources:

Resource: CHEGADA6.1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Seize 11.Queue

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name: Route 27

Route Time: 2 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: b11

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: Station 34 Station Type: Station

Station Name: b11

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release**

Name:  
 Release 20

Resources:  
 Resource\_CHEGADA6.1  
 <End of list>

Add...  
 Edit...  
 Delete

OK Cancel Help

**Route**

Name:  
 serra lima para cruzamento

Route Time: 8 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: p2

OK Cancel Help

**Station**

Name: cruzamento p Station Type: Station

Station Name: p2

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name:  Allocation:  Priority:

Resources:

<End of list>

Queue Type:  Queue Name:

**Decide**

Name:  Type:

If:

Value:

**Route**

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station** [?] [X]

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name:

Resources:

Resource_SEMAFOR05d.1
<End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

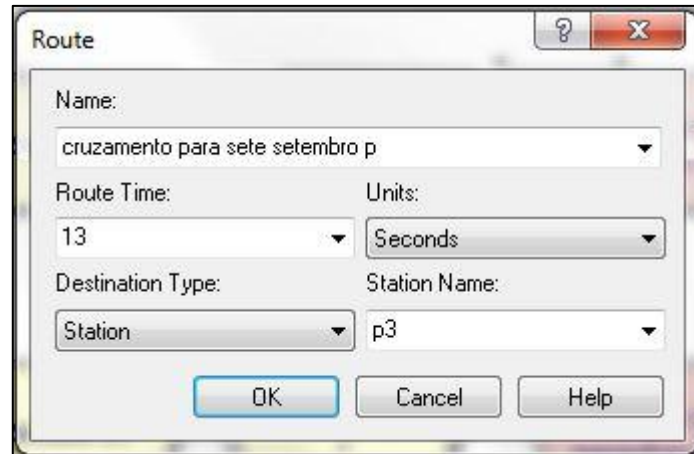
**Record** [?] [X]

Name:  Type:

Value:   Record into Set

Tally Name:

OK Cancel Help



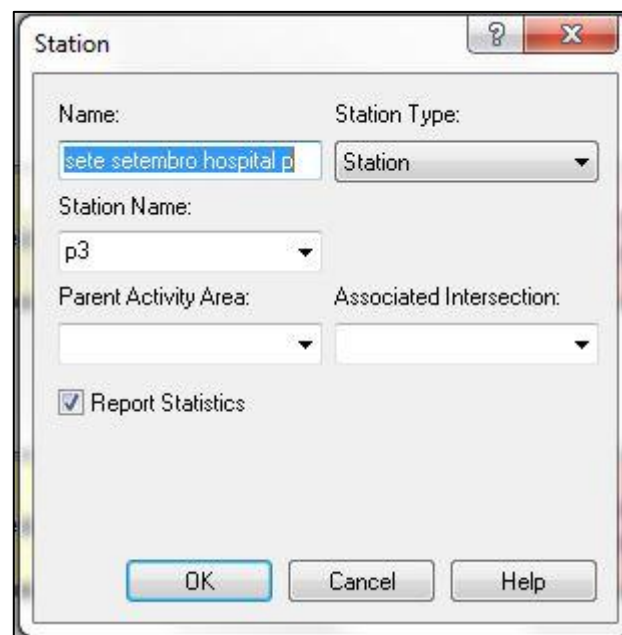
Route

Name: cruzamento para sete setembro p

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: p3

OK Cancel Help



Station

Name: sete setembro hospital p Station Type: Station

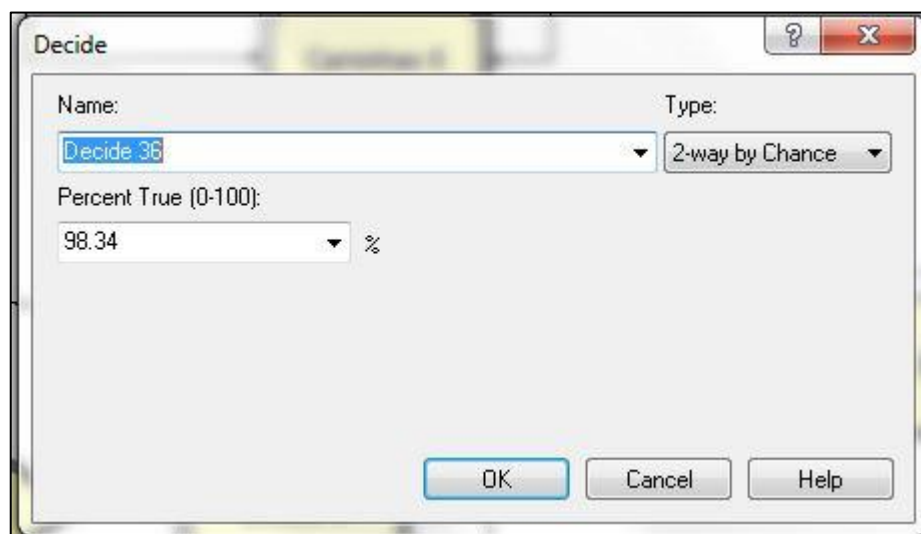
Station Name: p3

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

Semáforo 5 (Em frente)

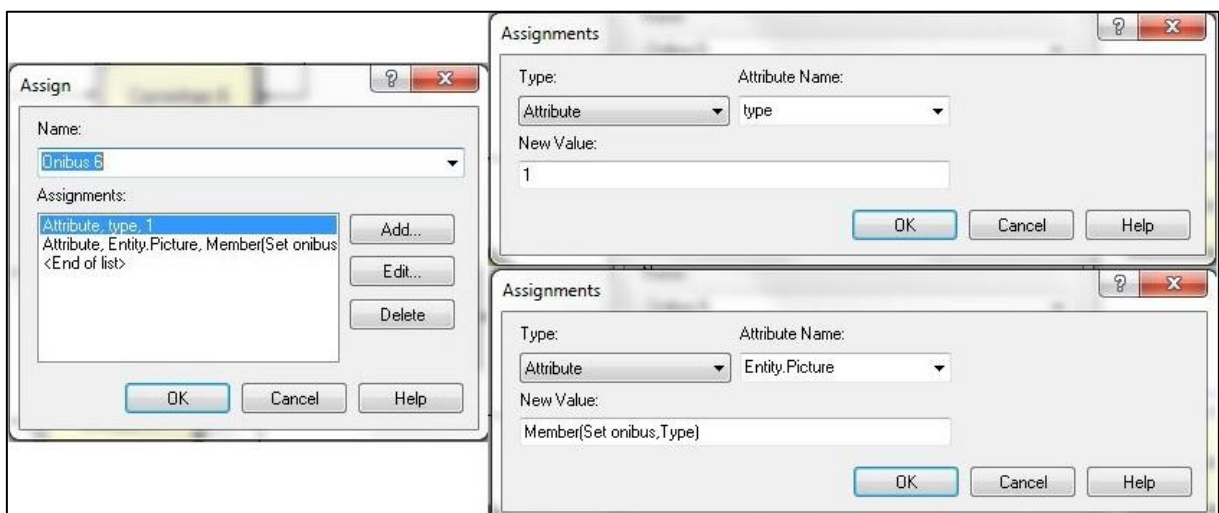
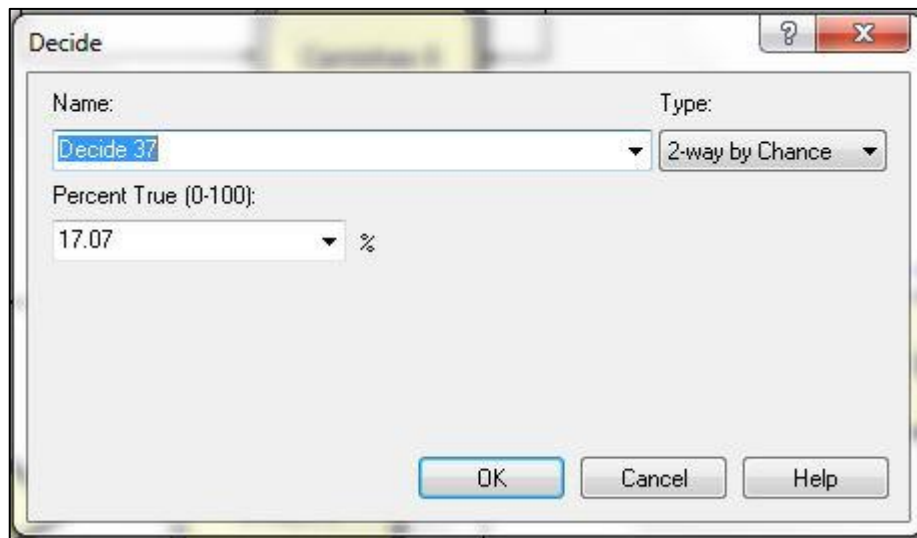
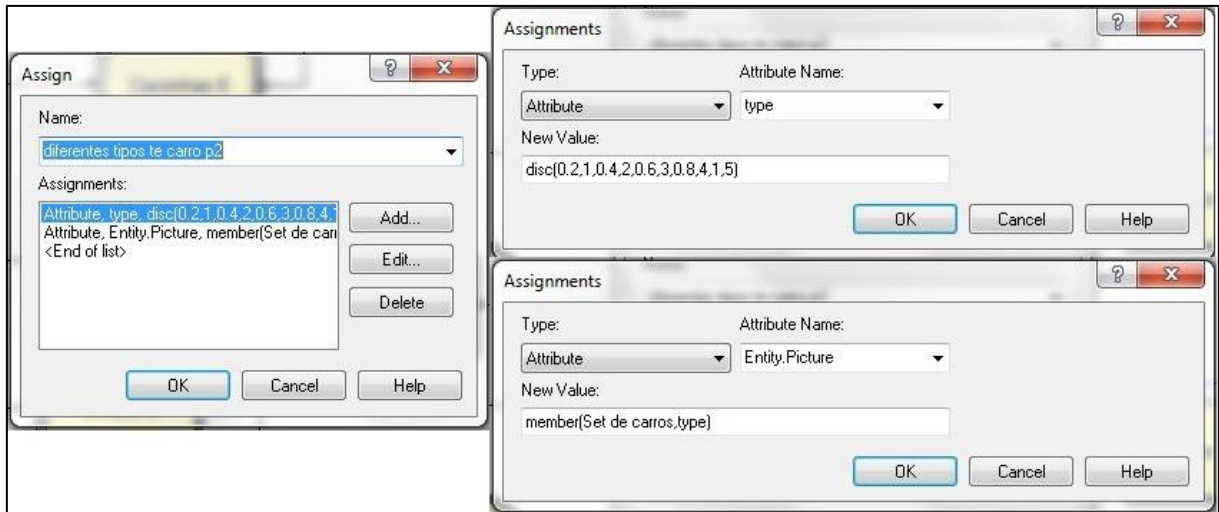


Decide

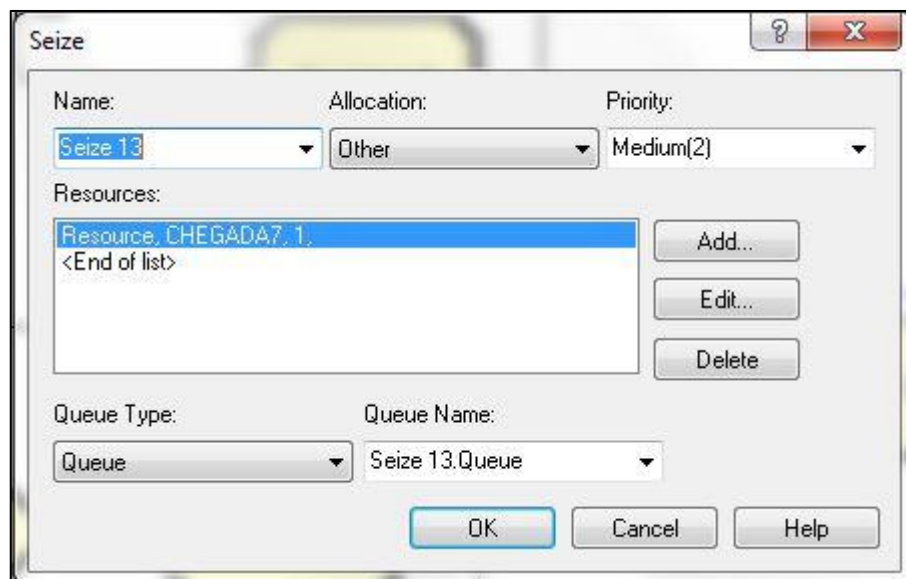
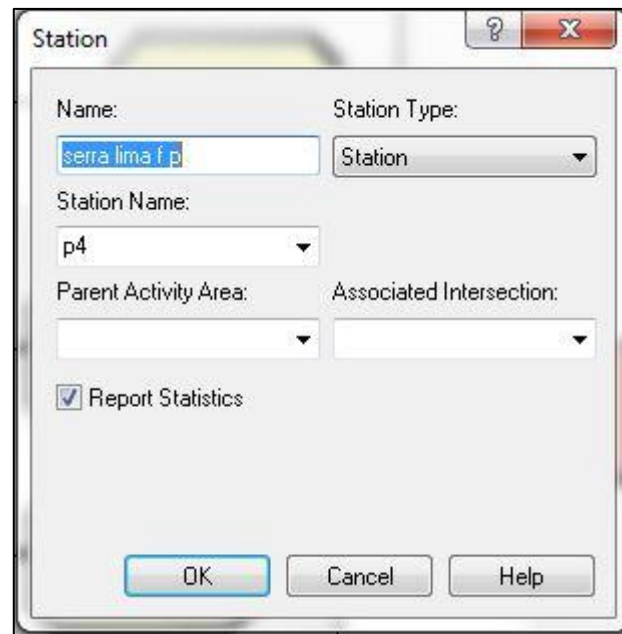
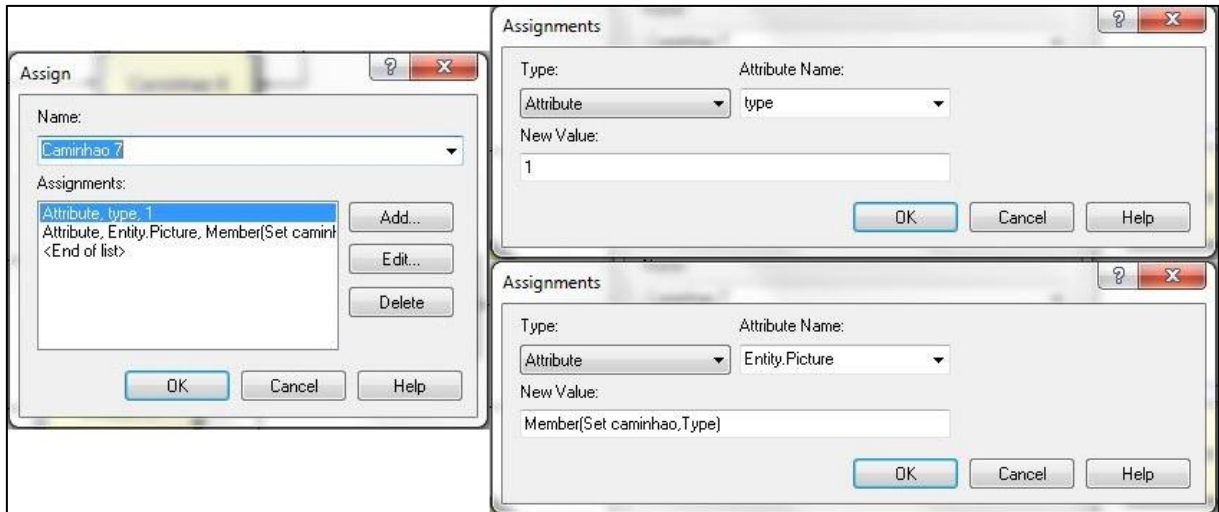
Name: Decide 36 Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 98.34 %

OK Cancel Help









**Route** [?] [X]

Name:  
Route 29

Route Time: 2 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: b13

OK Cancel Help

**Station** [?] [X]

Name: Station 36 Station Type: Station

Station Name: b13

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Release** [?] [X]

Name: Release 22

Resources:  
Resource\_CHEGADA7.1  
<End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

**Route**

Name: serra lima para cruzamento f p

Route Time: 8 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: p5

OK Cancel Help

**Station**

Name: cruzamento f p Station Type: Station

Station Name: p5

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

**Seize**

Name: Seize 14 Allocation: Other Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: SEMAFORO5f, 1.
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Seize 14.Queue

OK Cancel Help

**Decide**

Name:  Type:

If:

Value:

**Route**

Name:

Route Time:  Units:

Destination Type:  Station Name:

**Station**

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

**Release** [?] [X]

Name:  
Release 23

Resources:  
Resource\_SEMAFORO5f, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

OK Cancel Help

**Record** [?] [X]

Name: Record semaforo5 f Type: Expression

Value: NQ(Seize 14.Queue)  Record into Set

Tally Name: Record semaforo5 f

OK Cancel Help

**Route** [?] [X]

Name: cruzamento para mergulhao f p

Route Time: 13 Units: Seconds

Destination Type: Station Station Name: p6

OK Cancel Help

Station

Name:  Station Type:

Station Name:

Parent Activity Area:  Associated Intersection:

Report Statistics

### Controle do semáforo 1.

Create

Name:  Entity Type:

Time Between Arrivals

Type:  Value:  Units:

Entities per Arrival:  Max Arrivals:  First Creation:

Process

Name: T verde mergulhao1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, T verde1, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 60

Report Statistics

OK Cancel Help

Process

Name: T amarelo mergulhao1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, T amarelo1, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

OK Cancel Help

**Process** [?] [X]

Name: Tvermelho mergulhao1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: Tvermelho1, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 57

Report Statistics

OK Cancel Help

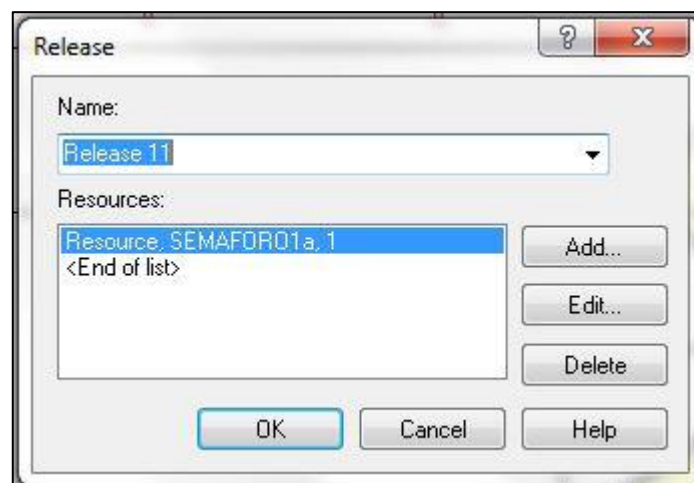
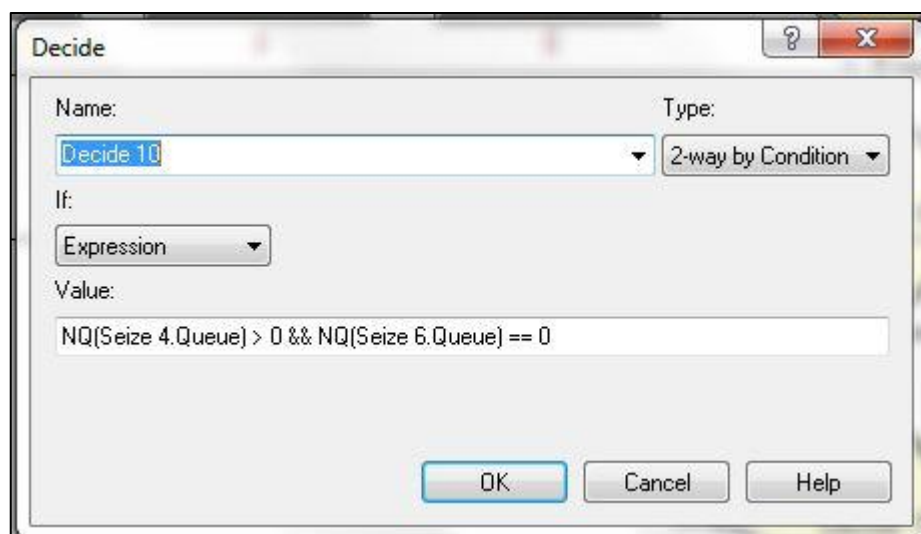
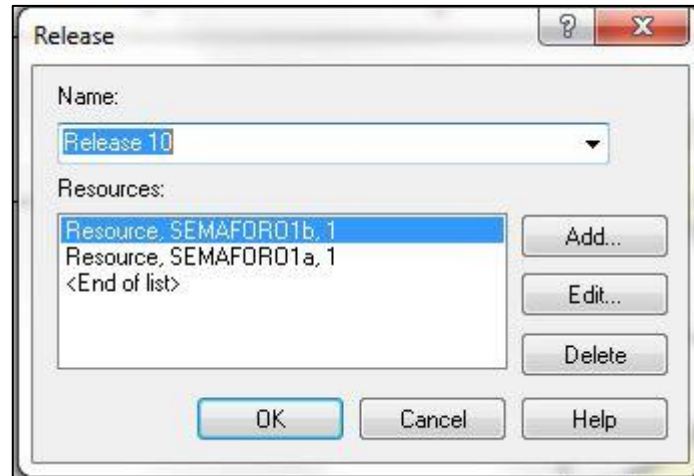
**Decide** [?] [X]

Name: Decide 9 Type: 2-way by Condition

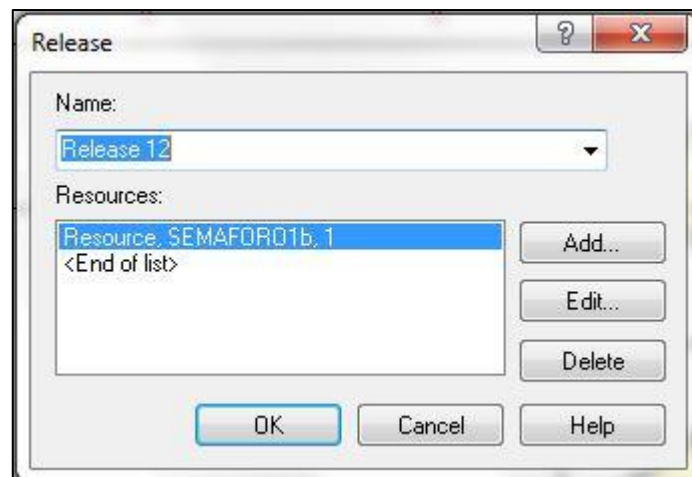
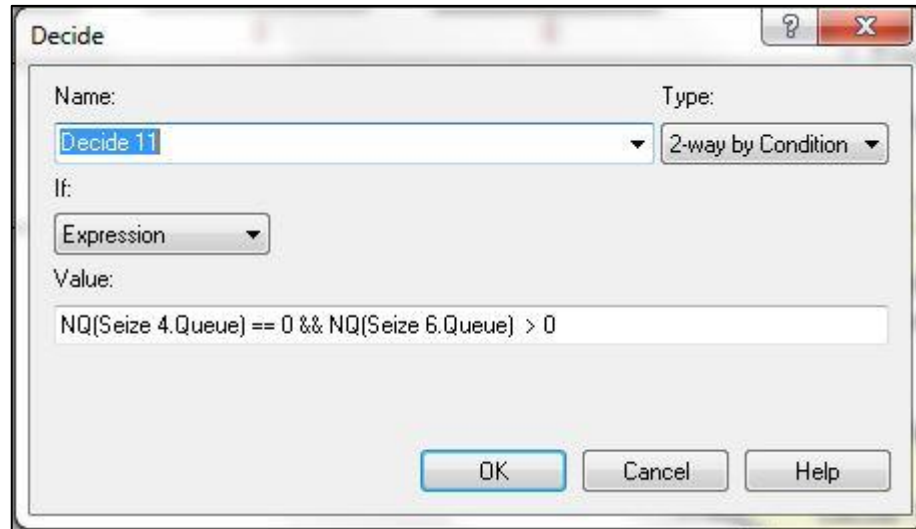
If: Expression

Value: NQ(Seize 4.Queue) > 0 && NQ(Seize 6.Queue) > 0

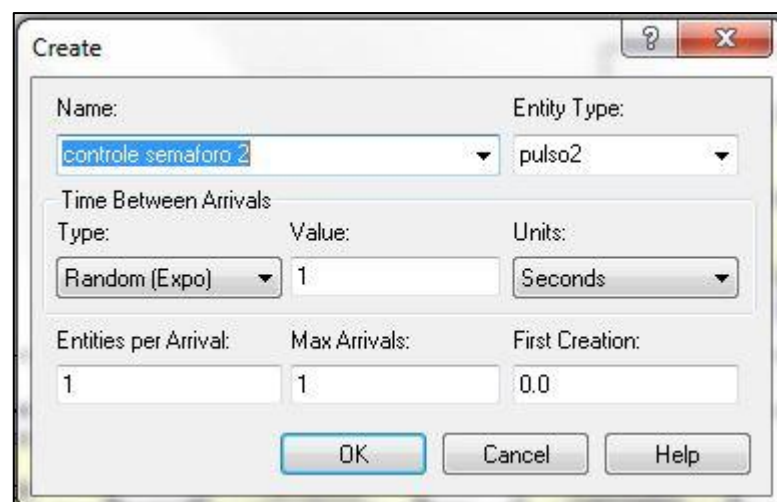
OK Cancel Help







## Controle do semáforo 2.



Process

Name: T verde mergulhao2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, T verde2, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 38

Report Statistics

OK Cancel Help

Process

Name: Tamarela mergulhao2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tamarelo2, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

OK Cancel Help

**Process** [?] [X]

Name: Tvermelho mergulhao2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: Tvermelho2, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 79

Report Statistics

OK Cancel Help

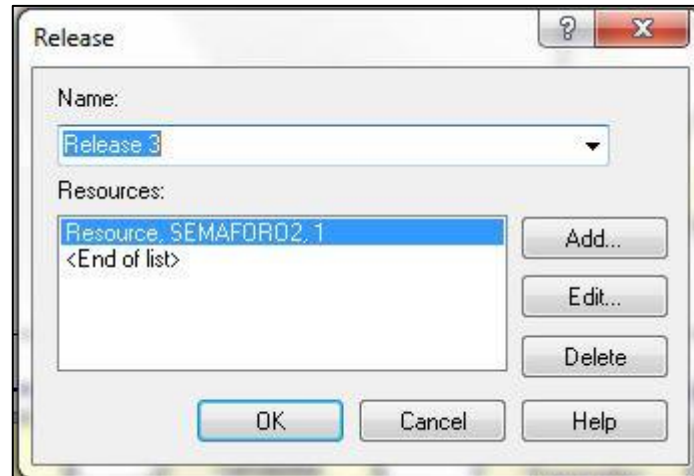
**Decide** [?] [X]

Name: Decide 12 Type: 2-way by Condition

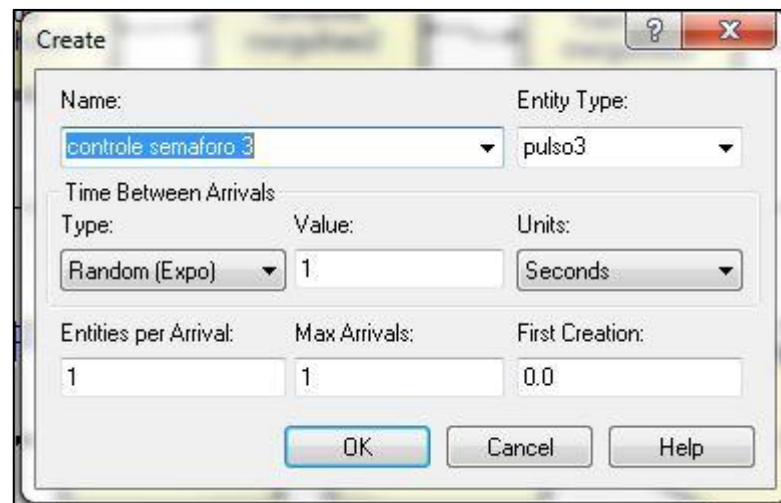
If: Expression

Value: NQ(Seize 2.Queue) > 0

OK Cancel Help



### Controle do semáforo 3.



Process

Name: T verde sete setembro1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, T verde4, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 38

Report Statistics

OK Cancel Help

Process

Name: T amarelo sete setembro1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, T amarelo4, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

OK Cancel Help

**Process**

Name: Tvermelho sete setembro1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: Tvermelho4, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 21

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

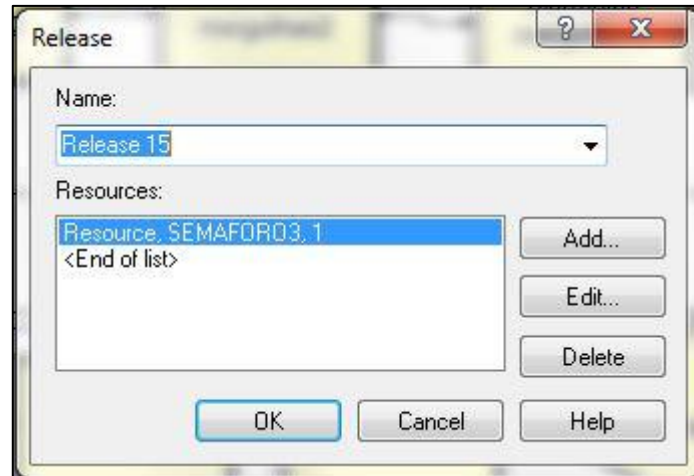
**Decide**

Name: Decide 14 Type: 2-way by Condition

If: Expression

Value: NQ(Seize 8.Queue) > 0

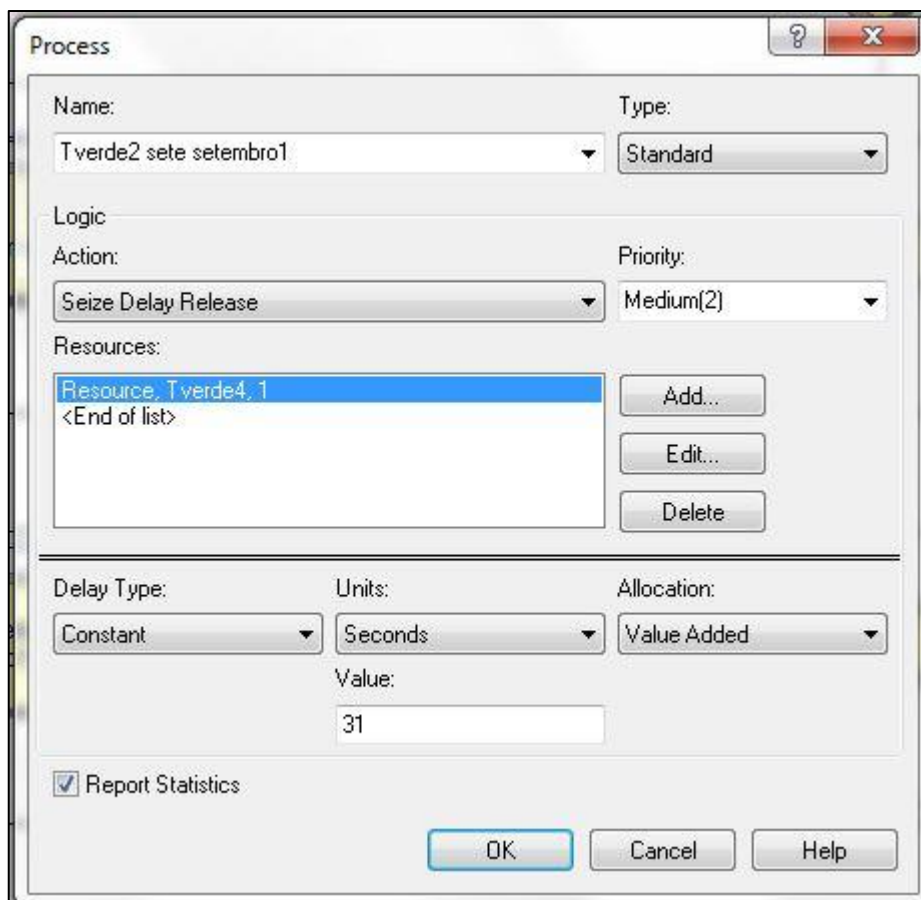
Buttons: OK Cancel Help



The 'Release' dialog box is shown with the following details:

- Name:** Release 15
- Resources:** Resource, SEMAFORD3, 1

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help



The 'Process' dialog box is shown with the following details:

- Name:** T verde2 sete setembro1
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Tverde4, 1
- Delay Type:** Constant
- Units:** Seconds
- Allocation:** Value Added
- Value:** 31
- Report Statistics

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help

Process

Name: Tamarelo2 sete setembro1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tamarelo4, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

OK Cancel Help

Process

Name: Tvermelho2 sete setembro1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tvermelho4, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 24

Report Statistics

OK Cancel Help



**Decide**

Name:  Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

**Release**

Name:

Resources:

Resource_SEMAFORO3.1	Add...
<End of list>	Edit...
	Delete

OK Cancel Help

#### Controle do semáforo 4.

**Create**

Name:  Entity Type:

Time Between Arrivals

Type:	Value:	Units:
Random (Expo)	1	Seconds

Entities per Arrival:  Max Arrivals:  First Creation:

OK Cancel Help

**Process** [?] [X]

Name: Tvermelho sete setembro2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tvermelho5, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 62

Report Statistics

OK Cancel Help

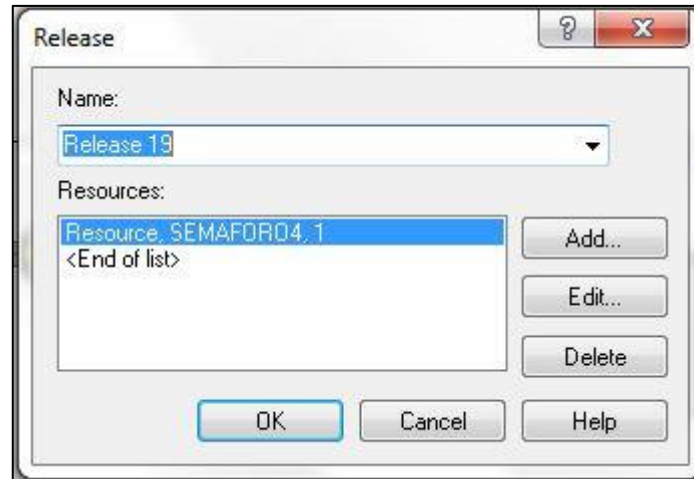
**Decide** [?] [X]

Name: Decide 17 Type: 2-way by Condition

If: Expression

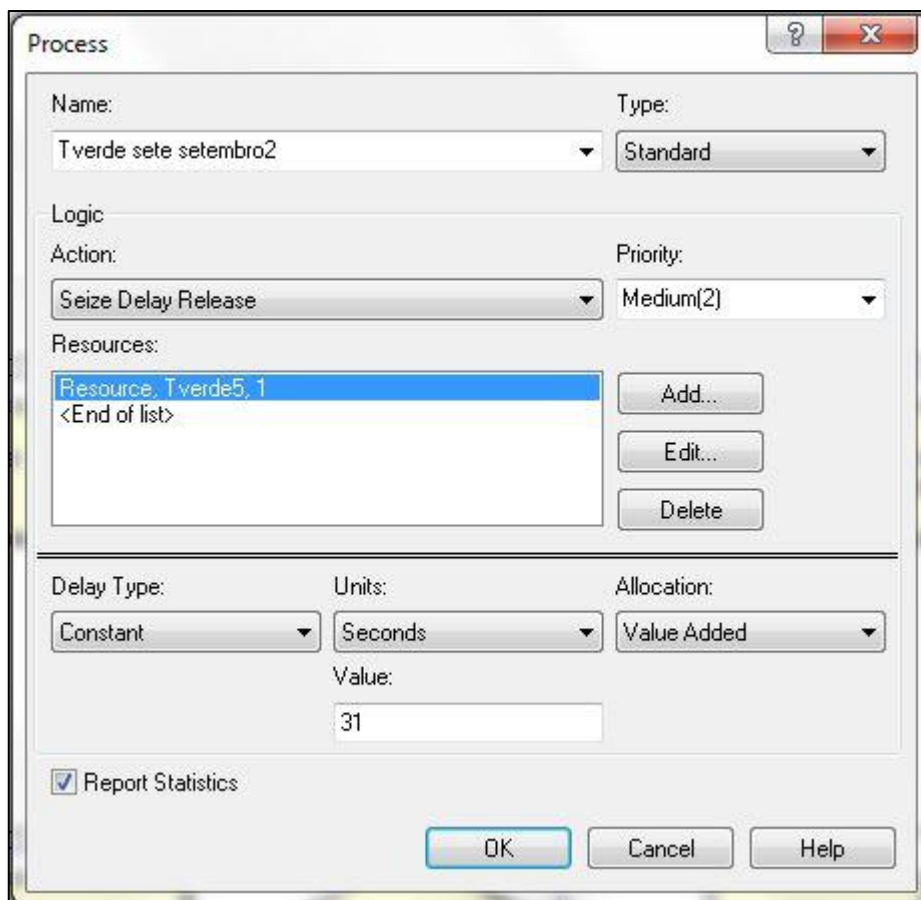
Value:  $NQ(\text{Seize } 10.\text{Queue}) > 0$

OK Cancel Help



The 'Release' dialog box is shown with the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with 'Release 19' selected.
- Resources:** A list box containing 'Resource\_SEMFOR04.1' (highlighted) and '<End of list>'. To the right are buttons for 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' are located at the bottom of the dialog.



The 'Process' dialog box is shown with the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with 'T verde sete setembro2' selected.
- Type:** A dropdown menu with 'Standard' selected.
- Logic:**
  - Action:** A dropdown menu with 'Seize Delay Release' selected.
  - Priority:** A dropdown menu with 'Medium(2)' selected.
- Resources:** A list box containing 'Resource\_Tverde5.1' (highlighted) and '<End of list>'. To the right are buttons for 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'.
- Delay Type:** A dropdown menu with 'Constant' selected.
- Units:** A dropdown menu with 'Seconds' selected.
- Allocation:** A dropdown menu with 'Value Added' selected.
- Value:** A text input field containing the number '31'.
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' are located at the bottom of the dialog.

Process

Name: Tamarelo sete setembro2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tamarelo5, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

OK Cancel Help

Process

Name: T vermelho2 sete setembro2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, T vermelho5, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 24

Report Statistics

OK Cancel Help

## Controle do semáforo 5.

Create

Name: controle semaforo 5 Entity Type: pulso5

Time Between Arrivals

Type: Random (Expo) Value: 1 Units: Seconds

Entities per Arrival: 1 Max Arrivals: 1 First Creation: 0.0

OK Cancel Help

Process

Name: Tvermelho serralima Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tvermelho6, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 42

Report Statistics

OK Cancel Help

Decide

Name:  Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

Release

Name:

Resources:

- Resource, SEMAFORD5d, 1
- Resource, SEMAFORD5f, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

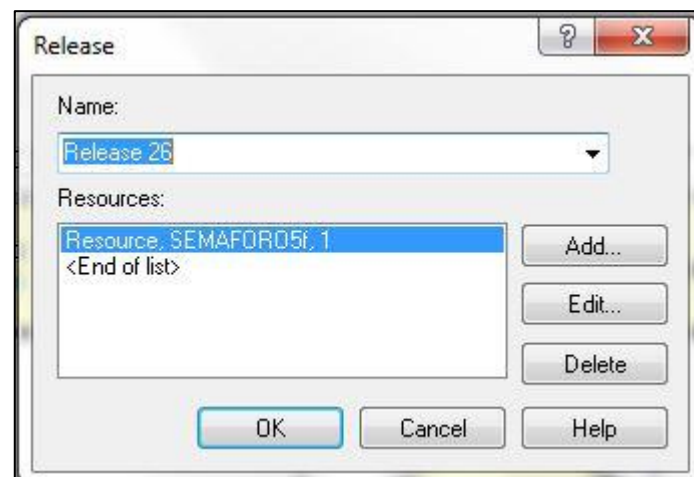
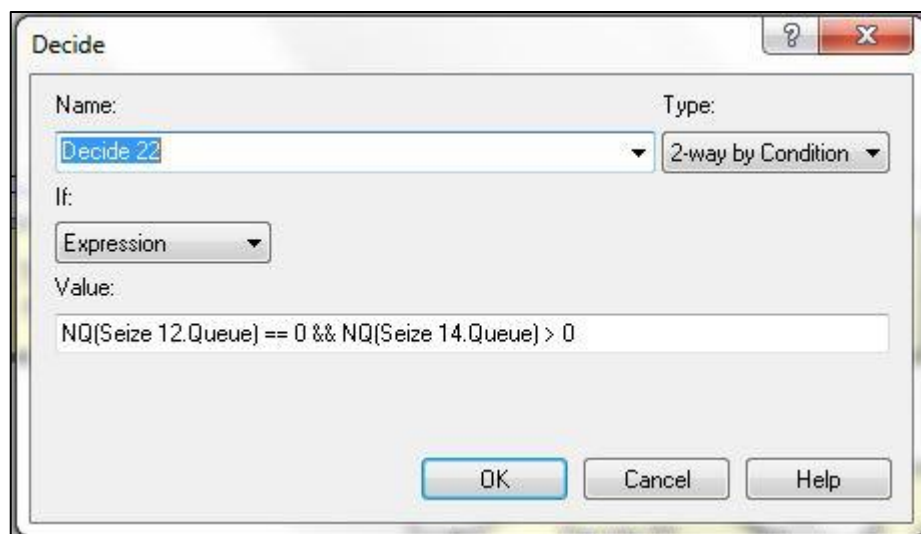
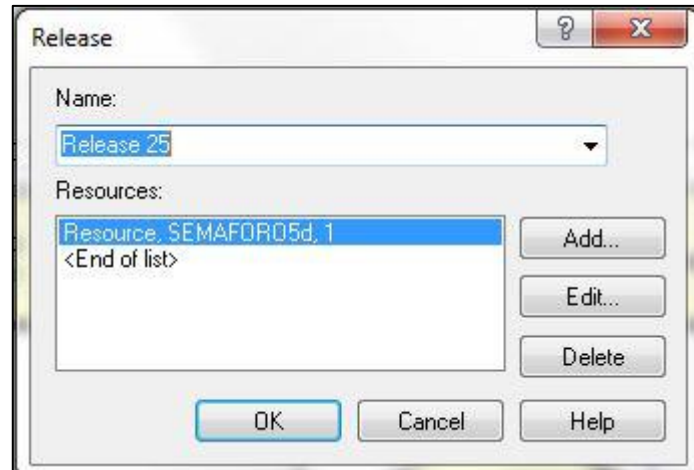
Decide

Name:  Type:

If:

Value:

OK Cancel Help



Process

Name: T verde serralima Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tverde6, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 18

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Process

Name: Tamarelo serralima Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tamarelo6, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 3

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help



**Process**

Name: Tvermelho serralima2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource: Tvermelho6, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Constant Units: Seconds Allocation: Value Added

Value: 57

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

## Animação 2D

Semáforo 1

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

▲ ▼

Busy  
Idle

Add Copy Delete << >> New Open... Save...

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

▲ ▼

Busy  
Idle

Add Copy Delete << >> New Open... Save...

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Identifier: Tverde1      Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add    Busy  
Copy  
Delete

Idle

Size Factor: 1.37788     Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK    Cancel    Help

Semáforo 2

Identifier: Tvermelho2      Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add    Busy  
Copy  
Delete

Idle

Size Factor: 1.37788     Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK    Cancel    Help

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

Busy Idle

Size Factor: 1.37788  Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

Busy Idle

Size Factor: 1.37788  Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Semáforo 3

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add  
Copy  
Delete

Busy  
Idle

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

## Semáforo 4

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add  
Copy  
Delete

Busy  
Idle

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

▲ ▼

Busy  
Idle

Add Copy Delete << >> New Open... Save...

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Add Copy Delete

▲ ▼

Busy  
Idle

Add Copy Delete << >> New Open... Save...

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

Hours per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

OK Cancel Help

Semáforo 5

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

per picture

Rotate By Expression:

Seize Area

Identifier:  Current Library: c:\...\vehicles.plb

State:

Picture ID:

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

per picture

Rotate By Expression:

Seize Area



Identifier:  Current Library: c:\...vehicles.plb

State:

Picture ID:

Size Factor:   Auto Scale

Effects

When multiple pictures are defined for the same resource state, use this simulation timing to animate a series of pictures:

per picture

Rotate By Expression:

Seize Area