



# Nota Técnica 273

## Influunt Uma inovação no controle semafórico

João Cucci Neto

Setembro de 2021



## APRESENTAÇÃO

Neste texto está registrado o início, o desenvolvimento e as potencialidades de um projeto extraordinário, desenvolvido por um grupo liderado pela CET e que foi interrompido a poucos passos de se tornar realidade. Caso haja prosseguimento e conclusão do Projeto *Influunt*, a forma como o controle semafórico em tempos fixos é realizada no Brasil sofrerá uma revolução, tanto na questão do avanço e da democratização da tecnologia, como na redução de custos na gestão do trânsito, dando uma grande contribuição para tornar São Paulo uma cidade mais inteligente, avançando na transformação em uma *smart city* e com reflexos diretos na melhoria da mobilidade da população, inicialmente paulistana e futuramente a brasileira.

## 1. A CENTRALIZAÇÃO NO CONTROLE DOS SEMÁFOROS

A centralização é um recurso poderoso e até mesmo imprescindível para uma gestão dos semáforos de forma eficiente. O termo “centralização” se refere à possibilidade de se ter acesso a todos os semáforos que compõem um sistema (de uma área, de uma cidade etc) a partir de um ponto remoto - uma central de controle.

Na central de controle o acesso aos semáforos é feito por meio de computadores. Para ser útil à operação, esse acesso deve permitir duas ações básicas: (1) alterar os tempos dos semáforos sempre que for necessário, de forma imediata e remota e (2) receber notificações quando qualquer semáforo do sistema apresentar anomalias em seu funcionamento.

Por conta da sua utilidade, atualmente, a centralização é oferecida por todos os fabricantes de controladores de semáforos. Nesse ponto, existem algumas definições básicas a destacar, para perceber o potencial que o *Influunt* apresenta como solução de gestão de semáforos centralizados em tempos fixos. Vamos a elas:

- **Controlador semafórico** - equipamento programável que comanda as trocas das indicações luminosas do semáforo. O controlador fica em campo, podendo controlar mais de um cruzamento semaforizado.
- **Semáforos em tempos fixos** – é a forma de controle da maioria dos semáforos do mundo. Os tempos dos semáforos são pré-calculados e inseridos em cada controlador do sistema semafórico. Trabalha, portanto, com programações decorrentes de dados históricos da demanda do tráfego de cada local. É possível estabelecer programações para acompanhar a variação da demanda, por meio de uma tabela de horários que altera os planos semafóricos segundo uma sequência pré-determinada. Por exemplo: um ciclo pequeno no horário da madrugada, ciclos maiores no horário de pico etc. Na programação em tempos fixos, caso nenhuma ação operacional seja tomada, os tempos programados se manterão indefinidamente, seguindo a tabela horária. Daí a importância da centralização – ter a possibilidade de se alterar a programação original, de forma remota devido a um evento (uma colisão que ocupe uma faixa da via principal, por exemplo) ou mesmo após uma revisão geral das programações.

O *Influunt* é um sistema em tempos fixos, centralizado.

Existe outra forma de controle semafórico: em tempo real. Nesse tipo de controle, os tempos dos semáforos variam conforme a demanda do tráfego a cada instante. É um sistema muito mais complexo e caro, necessitando de comunicação ininterrupta e, por conta disso, ainda é minoria em termos mundiais.

- **Comunicação** – a centralização pressupõe que os controladores semafóricos se comuniquem de alguma forma com o computador central. Em geral, essa comunicação é feita por cabos, que podem ser metálicos ou de fibra óptica.
- **Protocolo** – a linguagem de comunicação entre os controladores e destes com o computador central varia de fabricante para fabricante, pois não existe uma obrigatoriedade de se usar uma forma padronizada a todos. A essa

linguagem se dá o nome de “protocolo de comunicação”. Protocolos diferentes impedem que controladores de um fabricante se comuniquem com os de outro fabricante.

- **Rede semafórica** – também chamado de subárea, é um conjunto de semáforos que operam de forma coordenada entre si. Normalmente, os semáforos consecutivos de uma via são integrados em uma rede. A comunicação entre os equipamentos é fundamental para a correta operação de uma rede. Para que as sequências de abertura/fechamento dos semáforos da rede sigam os parâmetros programados é necessário que todos estejam seguindo a mesma referência de tempo.

Nos semáforos centralizados, a referência de tempo é dada pelo computador, que ajusta permanentemente os relógios dos controladores. Em redes não centralizadas, uma das formas de se obter a mesma referência de tempos é definindo um dos controladores como sendo “mestre da rede”, situação em que seu relógio é enviado aos demais equipamentos por meio do cabo de comunicação.

Devido aos diferentes protocolos de comunicação existentes, para manter a coordenação em uma rede, atualmente, todos os controladores que a compõem devem, obrigatoriamente, ser do mesmo fabricante.

## 2. A SITUAÇÃO DA CET

De um modo geral, dos 6.000 semáforos de São Paulo, 4.000 são em tempo fixo e o restante (2.000) tem o potencial para operar em tempo real. Estes responderiam pelo controle dos principais eixos da cidade, ficando o tempo fixo para controle da malha secundária.

Histórica e obrigatoriamente, a aquisição de controladores semafóricos pela CET acontece por meio de licitações públicas, nas quais se definem as características funcionais mínimas necessárias e desejadas dos equipamentos; sem, no entanto, que o fornecedor seja definido previamente. Desse modo, a cidade tem controladores de diversas marcas instalados.

Por conta de fatores variados, a centralização de semáforos em São Paulo está em um nível muito aquém das necessidades. O ideal é que todos os semáforos sejam centralizados, pelas vantagens que esse recurso oferece na gestão da mobilidade. O que impede a centralização plena? Em primeiro lugar, os sistemas que seriam passíveis de operarem dependem de comunicação por cabos. Além de exigir uma imensa rede de comunicação por toda a cidade, também é necessário que seu funcionamento ocorra sem interrupções. Isso exige uma manutenção permanente e intensiva. Essa manutenção é de alto custo, devido ao tamanho da cidade e dos danos decorrentes de fatores externos como intempéries, obras, acidentes, vandalismos, furto de cabos e outros.

## 3. SURGIMENTO DO INFLUUNT

Em outubro de 2015, a então Secretaria Municipal de Transportes - SMT, por meio do seu Laboratório da Mobilidade – MobiLab, lançou um concurso público (Edital de Concurso Público Nº 01/2015-SMT.Gab) em que propostas de desenvolvimento de aplicativos para 14 projetos escolhidos pela CET e SPTrans concorreriam a prêmios em dinheiro, distribuídos a partir das escolhas de uma comissão julgadora. Só poderiam participar pessoas físicas ou microempresas e as soluções apresentadas deveriam, obrigatoriamente, ser desenvolvidas com *softwares* livres e códigos abertos.

Um dos projetos escolhidos foi o relativo à central semafórica de tempos fixos (Projeto 11 do Edital). A CET forneceu a documentação técnica, contendo a lógica da programação e as base teóricas da gestão dos semáforos centralizados. O prêmio estabelecido para esse projeto foi de R\$ 835.000,00 e a vencedora foi a Raro Labs Serviços de Informática Ltda. (<https://rarolabs.com.br>), situada em Belo Horizonte, cujo contrato foi assinado em 26 de junho de 2016. A Raro Labs acabou batizando o projeto como *Influunt*, termo em latim para fluidez, nome que foi adotado definitivamente pela CET.

## 4. DESENVOLVIMENTO

A cidade de São Paulo possui seis Centrais de Tráfego em Área - CTAs, que são salas dotadas de equipamentos (computadores, monitores de TV, sistema de comunicação via rádio, entre outros) para possibilitar o controle centralizado de semáforos, tanto em tempo real como em tempo fixo. Conforme citado, existem vários fabricantes de controladores semafóricos. Em uma situação hipotética, caso uma CTA estivesse dotada de controle centralizado de todos os semáforos de sua área, teríamos seis ou sete conjuntos de computador e monitor com sistemas diversos, cada um dedicado a um fabricante (Figura 1). Ou seja, os técnicos teriam que lidar com vários sistemas centralizados diferentes, sendo que cada um operaria a seu modo, com telas, recursos e comandos distintos entre si, todos com a mesma finalidade – controlar os semáforos remotamente.

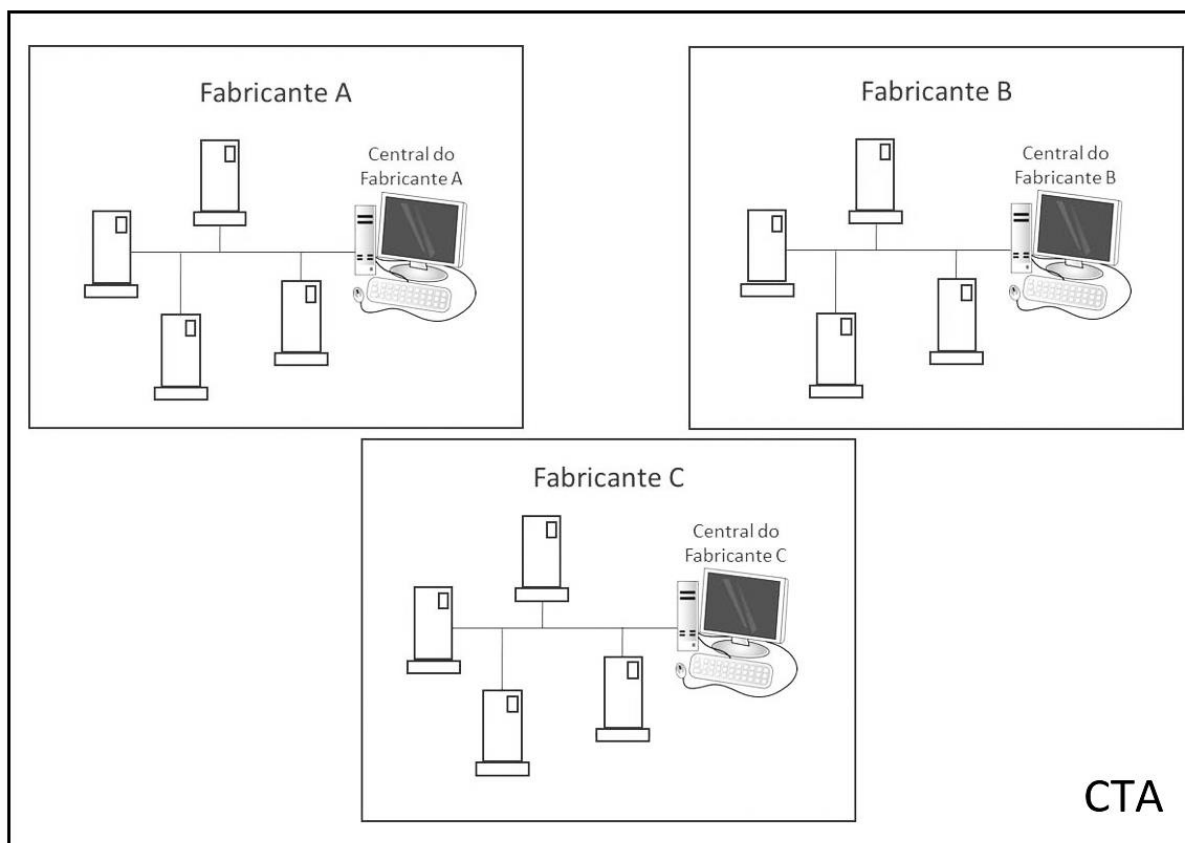


Figura 1 – esquema atual de controle semafórico centralizado

Uma forma de solução racional, mais moderna tecnologicamente e de menor custo para realizasse controle está por trás da ideia inicial do *Influunt*: prover a cidade de um sistema centralizado único, que pudesse exercer o controle sobre qualquer tipo de equipamento semafórico em tempos fixos (Figura 2).



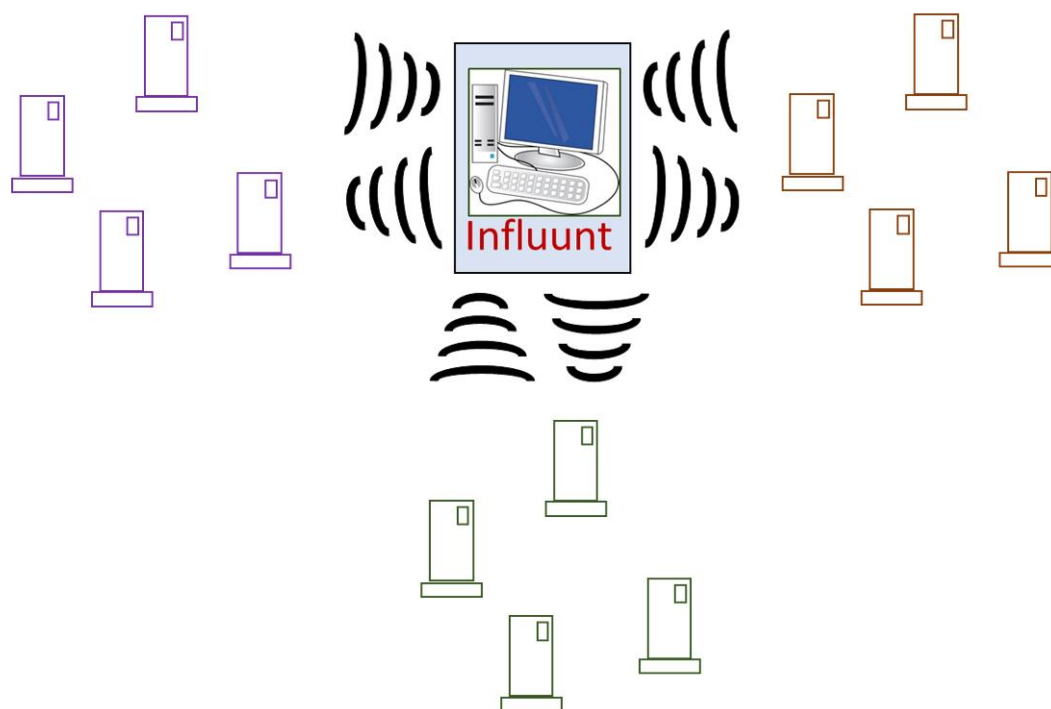


Figura 2 – esquema de controle semafórico centralizado usando o *Influunt*

Esse foi o desafio lançado no concurso vencido pela Raro Labs. O resultado final, o *Influunt*, é um produto revolucionário, que pode mudar a forma de se realizar o controle de semáforos em tempos fixos, não só em São Paulo, mas em qualquer cidade do Brasil.

## 5. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

A seguir estão relatadas as principais características que tornam o *Influunt* uma ferramenta poderosa e inovadora para a gestão de semáforos:

### 5.1. Código aberto e *softwares* livres.

Seguindo a exigência do concurso, o *Influunt* foi escrito em código aberto e utilizando *softwares* livres. Isso quer dizer que o código fonte do *Influunt*, que é o conjunto de instruções que dizem ao computador o que ele deve fazer, é conhecido e de acesso livre a quem se interessar em conhecê-lo ou trabalhar no seu desenvolvimento. O uso de *softwares* livres (ou seja, gratuitos), faz com que não incidam sobre o *Influunt* licenças ou *royalties*, portanto, sem pagamentos de direitos de uso. Além disso, é um sistema nacional, independente de interferências externas.

Toda documentação do *Influunt* está disponível na Internet e poderá ser consultada diretamente pelos usuários, caso queiram adaptar o sistema para as particularidades de seu município, ou seja, está aberto à customização.

### 5.2. *Software* e *Hardware*.

O projeto *Influunt* abrange tanto o *software* de controle, como o *hardware* que vai realizar a operação semafórica. Como consequência das diretrizes iniciais do projeto, temos um *software* gratuito e um *hardware* de baixo custo (detalhado mais à frente). Com isso, o controlador para operar no sistema *Influunt* teria o custo muito reduzido. Na época do desenvolvimento do projeto, estimava-se que essa redução seria em torno de dois terços em relação aos preços praticados no mercado.

### 5.3. Internet.

A interface de comunicação entre o computador central e os controladores é via um navegador de Internet. Para manter, acessar e armazenar os dados do sistema, o modo mais eficiente é utilizar um serviço de nuvem. Também poderá ser utilizado um servidor proprietário, ficando a opção entre as duas formas a critério do órgão de trânsito.

Como o sistema opera em um ambiente *Web*, o *Influunt* pode ser acessado de qualquer lugar conectado à Internet, tanto em computadores como em *tablets* ou *smartphones*, por meio de *login* e senha.

### 5.4. Segurança.

Toda comunicação entre os controladores e os computadores é criptografada, que é um recurso baseado em regras matemáticas complexas, que impedem que pessoas fora do sistema acessem os dados. Isso torna o sistema confiável e seguro. Para a comprovação foi realizado pela CET um contrato com terceiros (Contrato 122/17, sendo contratada a Prodam - Empresa de Tecnologia da Informação e Comunicação do Município de São Paulo) para testar o *Influunt*, tanto nos aspectos de segurança, como também de estresse (simulação se um excesso de trânsito de dados comprometeria o sistema) e de documentação (verificação se todos os conceitos, processos, produtos e demais componentes da solução estão devidamente documentados, tornando o entendimento claro e permitindo de forma correta o desenvolvimento, a evolução e a utilização). O *Influunt* foi aprovado em todos. A conclusão do teste de performance datado de 23 de novembro de 2018 traz a seguinte conclusão: *“mediante o balanceado provimento de recursos a aplicação mostrou ser, na maioria das vezes, capaz de prover serviço da maneira esperada, sem a interrupção do negócio. Cabe para tanto um correto dimensionamento da infraestrutura associada”*.

Existem outros recursos de segurança. Ao Administrador do Sistema, que deverá receber essa atribuição pelo órgão gestor do trânsito, cabe a responsabilidade de permitir o acesso aos técnicos que operarão o sistema. Além da inserção dos usuários, o Administrador do Sistema pode atribuir a cada técnico as atividades permitidas a ele, conforme o cargo ocupado. Sendo assim, o sistema permite um acesso hierarquizado, de modo que alguns podem ser limitados a apenas realizar consultas, outros podem executar comandos operacionais, outro grupo ser habilitado a modificar programações semafóricas e assim por diante.

Mais um recurso importante é que todas as mensagens e comandos realizados no sistema ficam registrados e guardados em um diário (*log*), associados ao *login* do usuário responsável pela ação, podendo ser consultados a qualquer momento. Nenhuma ação efetuada no sistema fica sem o devido registro e identificação. Além do mais, esse diário é inviolável, sendo seus registros inacessíveis para modificações mesmo ao Administrador do Sistema.

### 5.5. Sem cabos.

No *Influunt*, toda a comunicação entre a central e os controladores é feita sem a necessidade de cabos (*wireless*). O *Influunt* tem sua comunicação apoiada no sistema de telefonia digital móvel GPRS (*chips* de celulares, só de dados, de baixo custo, anterior à tecnologia 3G) ou outro superior. Cada controlador deve ser dotado de um *chip* de dados. A comunicação entre o controlador e o computador é composta por pacotes de dados pequenos, basicamente do tamanho de uma mensagem de texto (tipo SMS), o que viabiliza a utilização do GPRS. Portanto, no sistema *Influunt* não há cabos ligando seus componentes, o que é um ganho importante em termos de custos de implantação e manutenção. Ao órgão gestor de trânsito caberá apenas o pagamento mensal do uso dos *chips* e, se for o caso, da hospedagem em nuvem.

## 5.6. Comunicação.

É interessante destacar que no *Influunt* não há necessidade de comunicação ininterrupta entre a central e os controladores. O contato entre os equipamentos do sistema só é necessário por demanda, ou seja, quando ocorrer um evento novo. Quando o técnico da central ou alguma rotina programada necessita encaminhar um comando para campo, é enviado um pacote de dados para os controladores envolvidos. Cada controlador, por sua vez, envia uma mensagem respondendo que recebeu o comando e o implementou. No sentido inverso, o controlador também pode enviar uma mensagem, quando houver uma anomalia (falha de funcionamento, por exemplo), que gerará um alerta na tela do computador, para que o técnico da central possa tomar providências imediatas de reparo no problema (Figura 3)

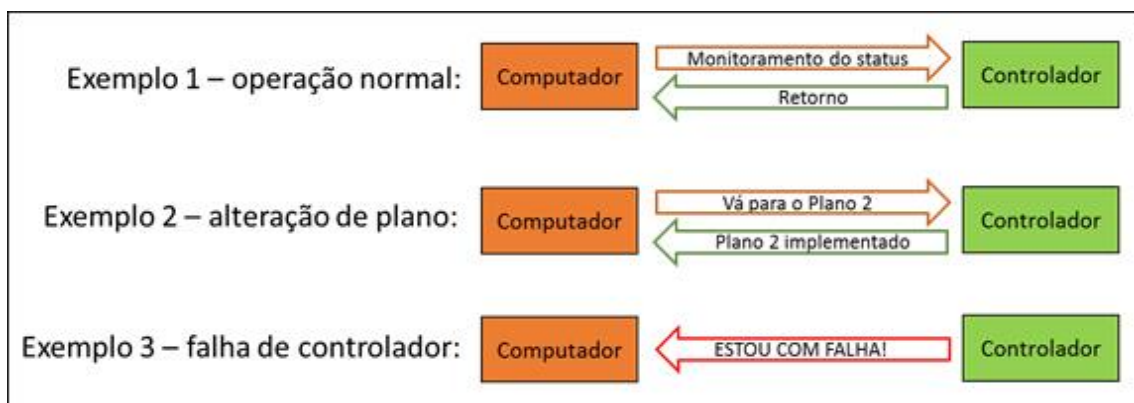


Figura 3 – Representação das formas de comunicação entre computador e controlador

## 5.7 Operação.

O *Influunt* foi concebido de modo que os planos semafóricos e a tabela horária hospedados no computador central sejam idênticos aos que ficam nos controladores. Isto é de grande utilidade, pois na falta de comunicação, não ocorrerão perturbações na operação em campo. Essa garantia atingirá também o sincronismo, pois no caso de interrupção da comunicação, o acerto do relógio interno se dará por meio da *interface GPS (Global Positioning System)* contida no controlador. Em condição normal de operação, os relógios dos controladores são periodicamente acertados pelo computador, que utiliza a base do *site NTP.br* (detalhado mais à frente).

A central do *Influunt* tem uma série de recursos interativos de tela, que permitem visualizações da operação e realização rápida de comandos. A tela inicial traz um resumo da situação (quantos controladores estão centralizados, quantos não estão etc), além de um mapa da área, em que se pode visualizar os semáforos ativos e com falhas e iniciar uma alteração semafórica clicando-se sobre o cruzamento desejado (Figura 4).

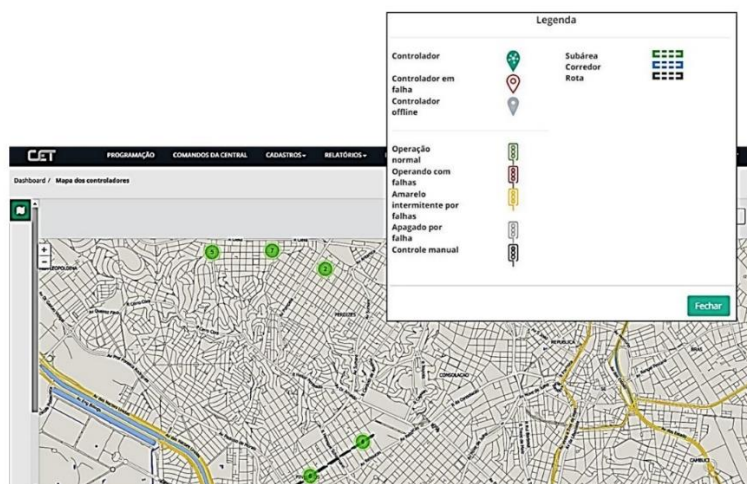


Figura 4 – Tela de operação da central Influunt

O *Influunt* oferece grande flexibilidade de operação. Pode-se realizar desde tarefas básicas de centralização, como alterar remotamente a duração dos tempos ou mudar um plano vigente, até efetuar ações sofisticadas, como reconfiguração de uma rede ou a programação de rotas prioritárias específicas, além das opções de impor os modos amarelo intermitente ou apagado. Por exemplo, pode-se criar uma rede semafórica especial para dias de jogos, priorizando os cruzamentos que compõem uma rota de saída do estádio, entre outras inúmeras situações operacionais (Figuras 5, 6, 7 e 8).

Na Figura 5, a seguir, temos 21 intersecções semaforizadas, agrupadas em 5 redes (ou subáreas) e uma intersecção isolada. Nas 21 intersecções semaforizadas temos 16 controladores e 5 anéis. O conceito de “anel” será definido mais à frente. Nesta e nas demais figuras, cores iguais de controladores e anéis indicam um mesmo fabricante.

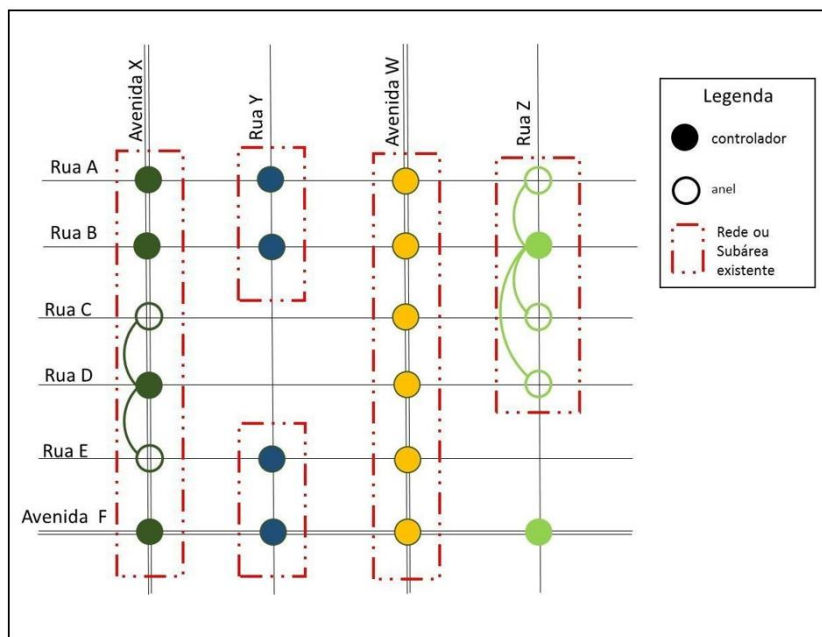


Figura 5 – Representação esquemática de um sistema viário semaforizado

Na Figura 6, temos uma operação proposta. Supondo que durante um evento muitas ruas serão bloqueadas para as comemorações. Então foram criadas duas rotas especiais, uma formada pelos semáforos da Rua B e outra pelos da Avenida F. O *Influunt* permite que se monte essa configuração para operar durante o evento, alterando a programação dos semáforos da rota especial operacional.



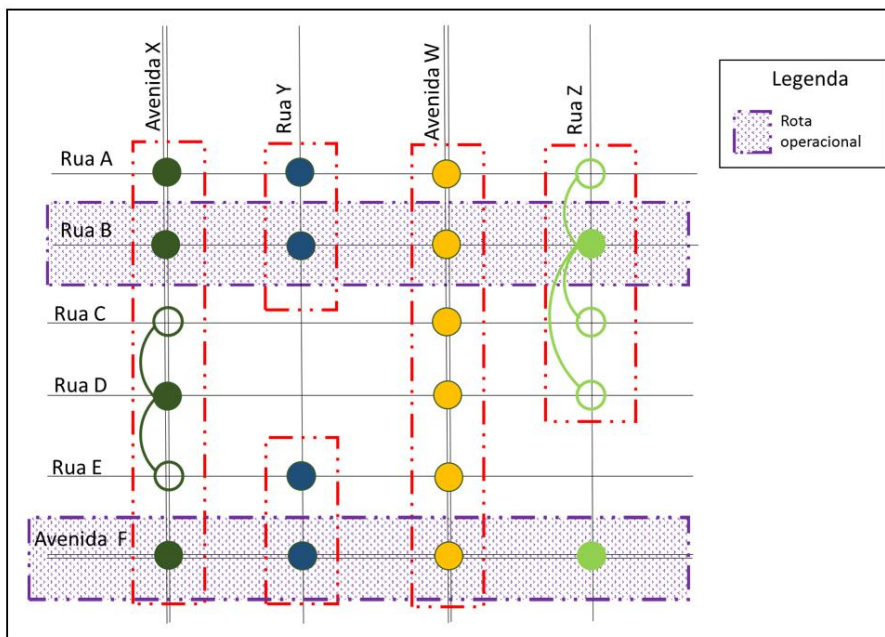


Figura 6 – Sistema viário da Figura 5, mostrando um recurso operacional do Influunt.

Na Figura 7 temos uma situação em que durante uma semana serão testadas duas linhas especiais noturnas, que servirão aos alunos das faculdades. Neste caso, a defasagem entre os semáforos das ruas A e C passa a ser prioritária em relação à das demais. O *Influunt* permitiria elaborar uma programação que atenda a este requisito, implantada provisoriamente para testes.

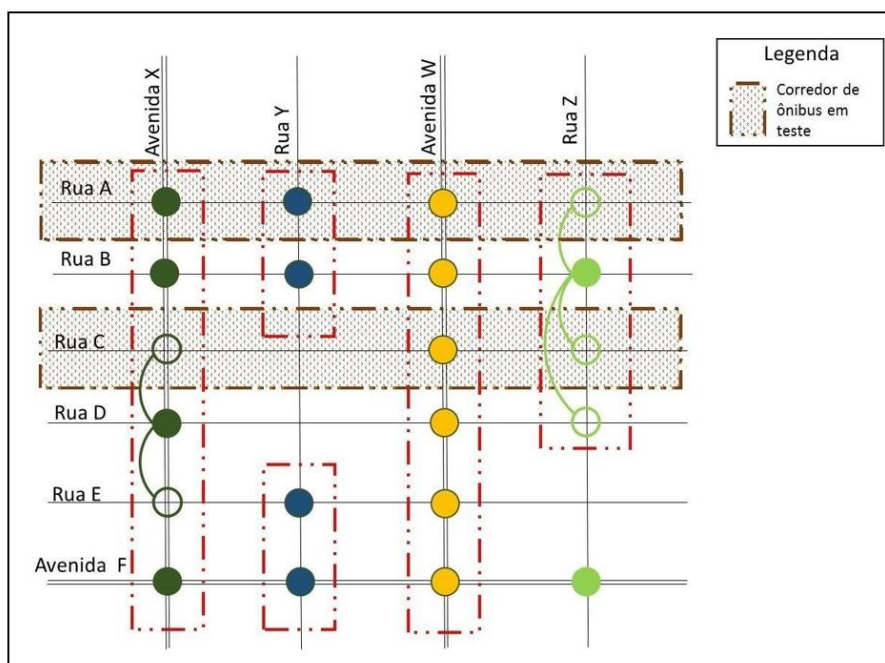


Figura 7 – Sistema viário da Figura 5, mostrando outro recurso operacional do Influunt.

Podemos ver na Figura 8 que, com o *Influunt*, será possível flexibilizar a composição das redes ao longo do dia. Por exemplo, na figura, no pico da tarde, em uma situação hipotética, o semáforo isolado da R. Z com a Av. F passa a fazer parte da rede existente na avenida, como estratégia para melhorar a fluidez. O comando que força essa união seria inserido na tabela horária, de segunda à sexta, das 17h00 às 20h00 (exceto feriados).

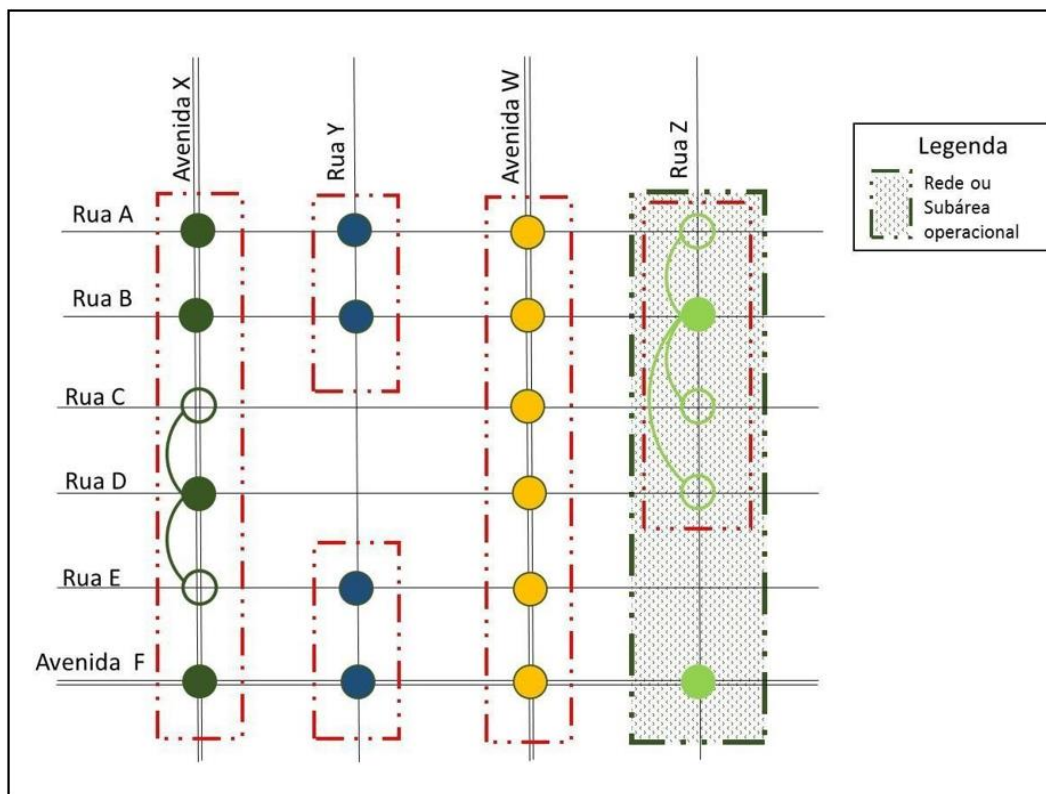


Figura 8 – Sistema viário da Figura 5, mostrando mais uma possibilidade de ação operacional do Influunt.

### 5.8. Programação semafórica.

A forma de se realizar a programação semafórica foi baseada na longa experiência dos técnicos da CET e tem uma série de particularidades e facilidades que tornam o sistema completo, prático, confiável e amigável. O *Influunt* permite que o técnico elabore a programação diretamente no sistema. Devido à possibilidade de acessar o *Influunt* de qualquer computador, o técnico poderá digitar a programação diretamente da sua mesa, eliminando o preenchimento de planilhas em papel. Em uma emergência, uma programação especial poderá ser preparada de qualquer lugar onde o técnico esteja, bastando ter à mão um computador (ou *tablet*, ou *smartphone*) com acesso à Internet. Do mesmo modo, qualquer integrante da gestão da Companhia que esteja cadastrado poderá ter informações sobre o funcionamento do sistema semafórico a qualquer instante, de qualquer lugar.

O método de se inserir ou alterar uma programação se dá pelo preenchimento dos dados de programação em uma sucessão de telas ordenadas logicamente. Durante todo o processo de programação são realizadas verificações de consistências, de modo que o técnico não consegue avançar de uma tela para a seguinte se alguma variável estiver descumprindo uma faixa de valores ou extrapolando os limites de valores pré-estabelecidos, por exemplo (Figura 9).

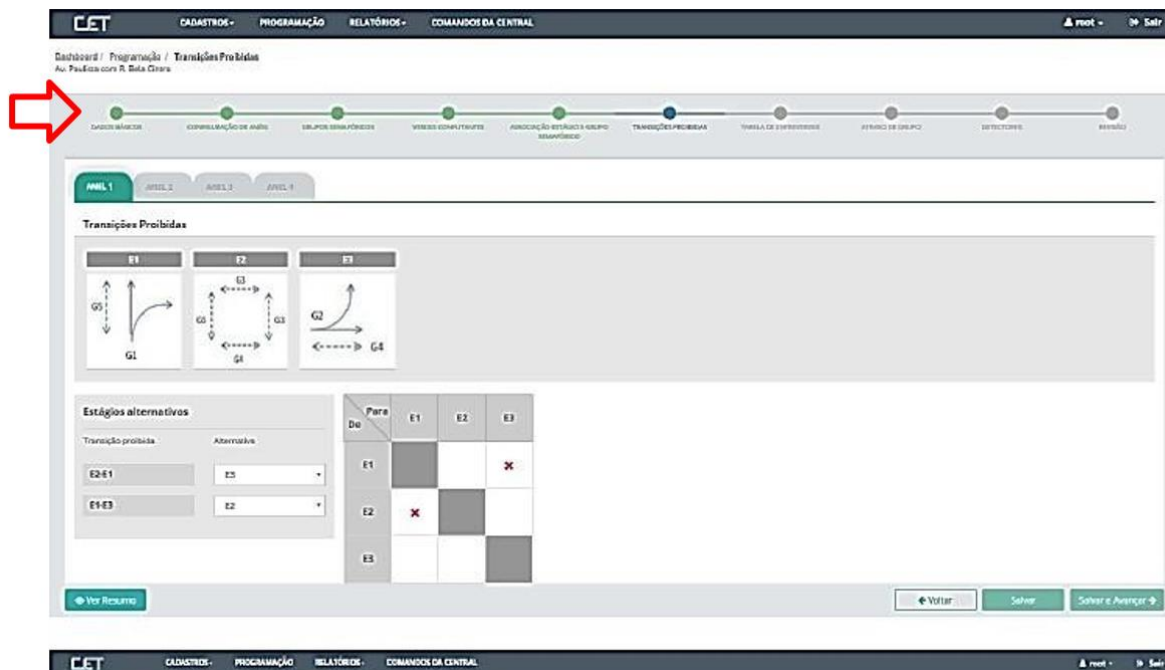


Figura 9 – Tela do Influunt: a seta destaca a sequência de etapas a ser vencida até a conclusão de uma programação, sendo que não é possível avançar se alguma inconsistência de preenchimento de dados for detectada pelo sistema

Várias particularidades e facilidades desejadas pelos técnicos semafóricos da CET foram incorporadas no *Influunt*, como por exemplo, a possibilidade de um controlador trabalhar com até quatro anéis, de forma independente, isto é, sem necessariamente seguir um tempo de ciclo único no plano semafórico corrente.

“Anel” é um recurso que possibilita a um controlador operar como se fossem vários controladores independentes. Cada anel é responsável pelo controle de certo número de grupos focais de uma intersecção complexa (Figura 10). Outra possibilidade é a operação de um conjunto de até quatro cruzamentos, em que cada um poderá se constituir em um anel, comandados por um único controlador, conforme mostrado nas Figuras 5 a 8. A programação semafórica de um anel é independente da programação semafórica dos demais anéis do controlador.

A grande vantagem de se trabalhar com anéis em cruzamentos complexos é a simplificação da programação, evitando que se tenha que prever todas as combinações de estágios que possam ocorrer simultaneamente em cada subcruzamento.

Até o advento do *Influunt*, todos os anéis de um controlador deveriam operar com o mesmo tempo de ciclo. Um dos avanços do novo sistema é permitir que os ciclos sejam diferentes. Isso é particularmente importante no caso de um dos anéis ser um semáforo de pedestres, pois passa a ser possível que ele trabalhe com um ciclo menor dos demais, reduzindo a espera para a travessia (Figura 10).

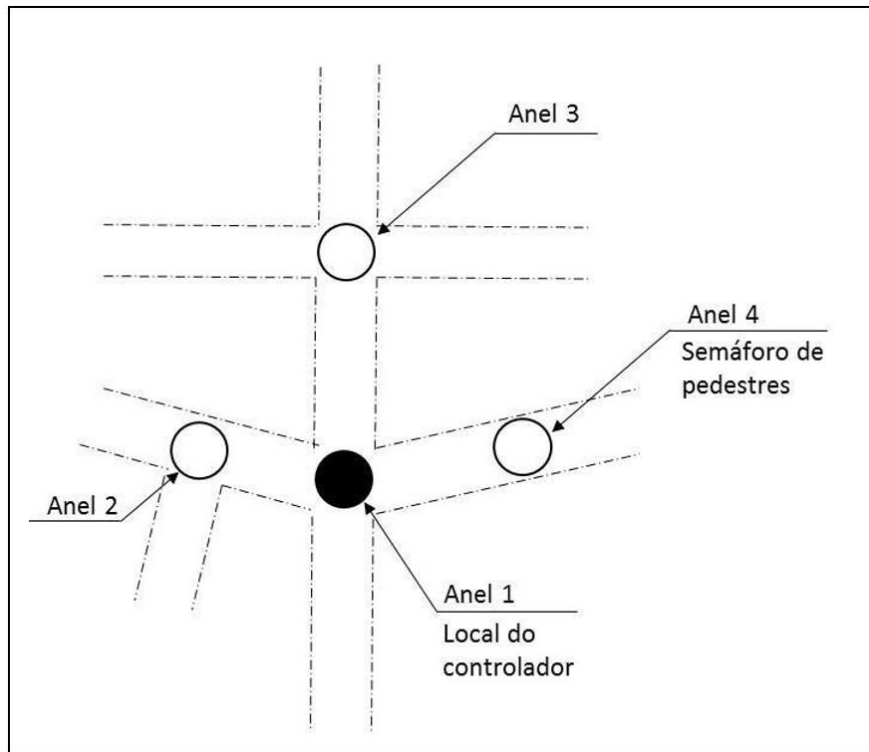


Figura 10 – Representação esquemática de um cruzamento complexo com um controlador com quatro anéis configurados

### 5.9. Recursos para verificação.

Existem, ainda, embutidas no *Influunt*, duas ferramentas de grande importância: um simulador de programação e um controlador virtual (Figuras 11 e 12).



Figura 11 – O simulador de programação

Uma vez que a programação esteja concluída, o simulador permite visualizar seu funcionamento na tela do computador, em um gráfico dinâmico em forma de diagrama de barras. O técnico visualiza como a programação será cumprida em campo antes de implementá-la, o que é mais um recurso a favor da segurança.

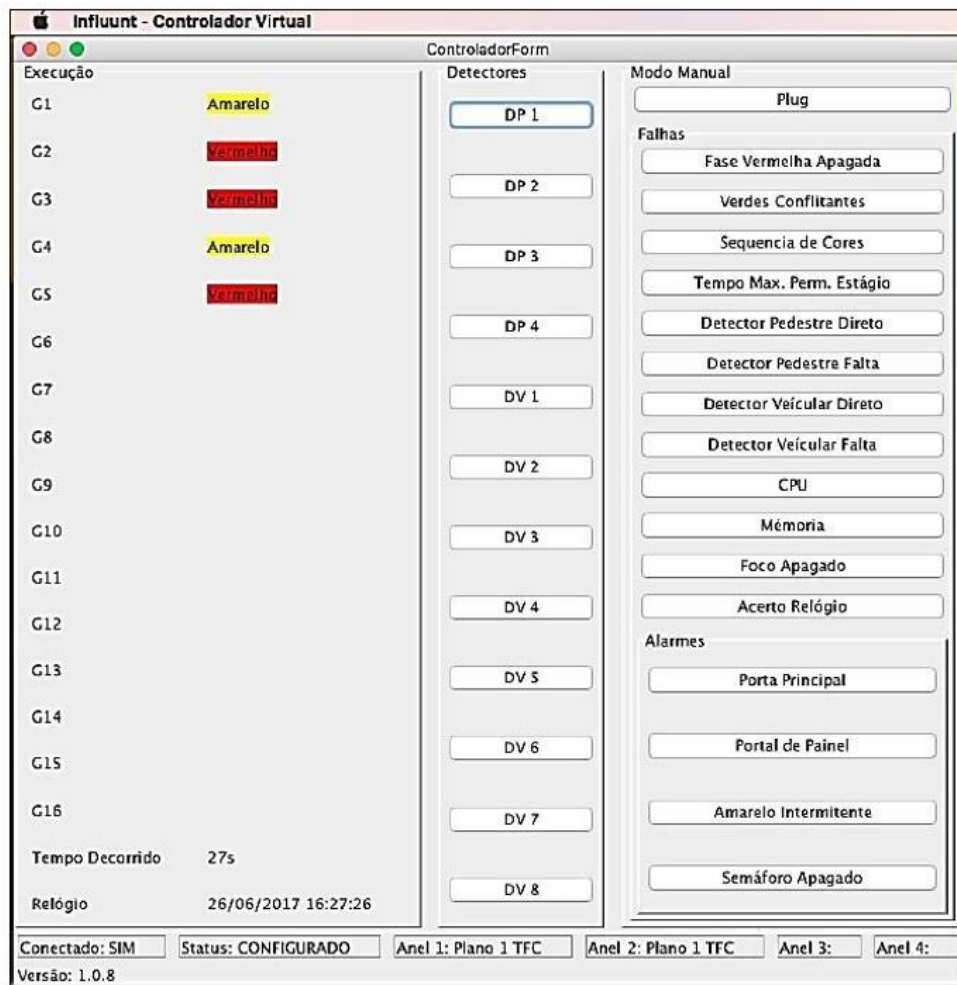


Figura 12 – Tela do controlador virtual

O controlador virtual é um recurso que reproduz no computador o comportamento exato de um equipamento em campo, permitindo testes de programações ou estratégias operacionais mais detalhadas e apuradas.

## 6. O PULO DO GATO: O SOFTWARE 72C

Durante o trabalho em conjunto entre os técnicos da CET e a Raro Labs, esta veio com uma proposição que nunca havia sido ventilada no âmbito do concurso: por que não fornecer a lógicado controlador aos fabricantes, de modo que qualquer equipamento conversasse com o *Influunt*? Isso seria possível com a utilização de um módulo lógico universal, utilizando itens eletrônicos de mercado e apoiado em um *hardware* de baixo custo. Isso permitiria, além da padronização, um barateamento significativo dos controladores. Essa ideia foi levada à frente e o *software* que contém a lógica da programação e a inteligência do controlador foi batizado de **72C**.

A utilização do 72C permite, além da significativa redução de custos e da padronização do protocolo de comunicação, a possibilidade de intercambiabilidade plena dos controladores, facilitando a composição de redes e da manutenção. Não será mais necessário que uma rede semafórica seja composta somente por controladores de um único fabricante.

Assim como todo o restante da documentação, a do 72C também foi disponibilizada na Internet, permitindo que os fabricantes confeccionem o *hardware* para suportar o 72C ao seu modo, desde que atenda às especificações fornecidas.



## 7. ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

Para fomentar o desenvolvimento de controladores compatíveis com o *Influunt*, a CET firmou um Acordo de Cooperação Técnica com diversos fabricantes, por meio do Chamamento Público 003/16, de setembro de 2016 (Expediente CET 1015/16). Foram feitas apresentações aos mesmos para esclarecimento quanto aos aspectos gerais do projeto e para disponibilizar o material técnico necessário para o início dos trabalhos. Esse acordo não envolvia repasses de verbas entre ambas as partes, apenas troca de informações e testes operacionais.

A sequência de atividades previa que cada fabricante cedesse dois controladores adaptados para o *Influunt*, para testes operacionais em conjunto. Uma rotina de testes foi desenvolvida pela CET para registrar e validar os testes.

Sete empresas assinaram o termo de cooperação técnica. Até a interrupção do projeto, apenas fabricante Brascontrol havia cedido equipamentos. Eles entraram na rotina de testes, com ajustes graduais à medida que as anomalias eram detectadas. A comunicação via Internet foi utilizada durante todos os testes, quando comandos remotos eram inseridos via central, gerando a correspondente alteração no controlador.

## 8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DETALHADAS

### 8.1 Hardware

As figuras a seguir trazem a representação das três situações. A Figura 13 mostra o esquema básico de um controlador atual. A Figura 14 tem a representação das duas alternativas construtivas possíveis aos fabricantes: (1) não alterar o seu controlador, acrescentando uma placa de conversão entre o seu protocolo e o do 72C; (2) substituir toda a parte lógica e também do *hardware* (no caso, as placas de fases) pelo 72C.

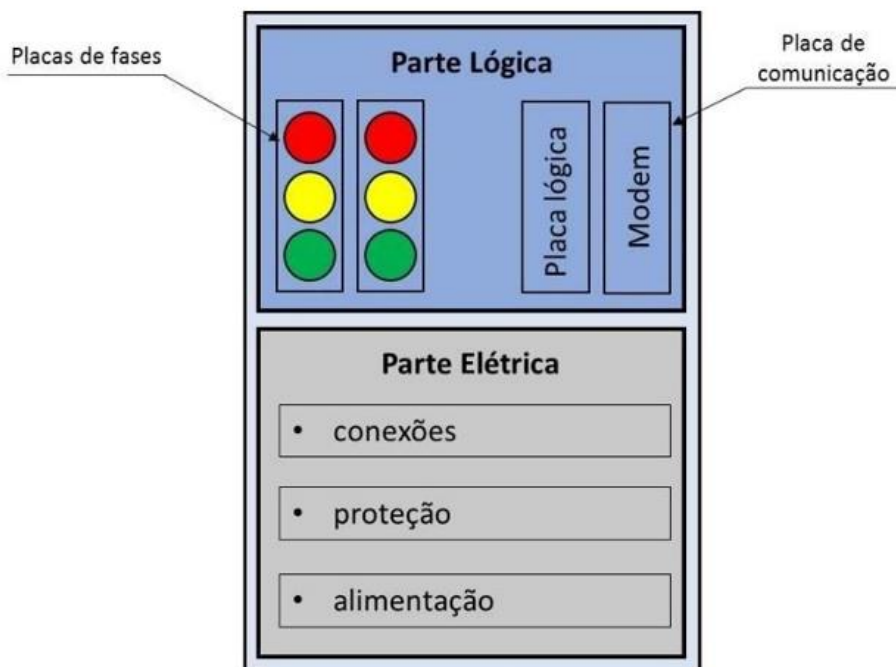


Figura 13 – Esquema simplificado de um controlador regular

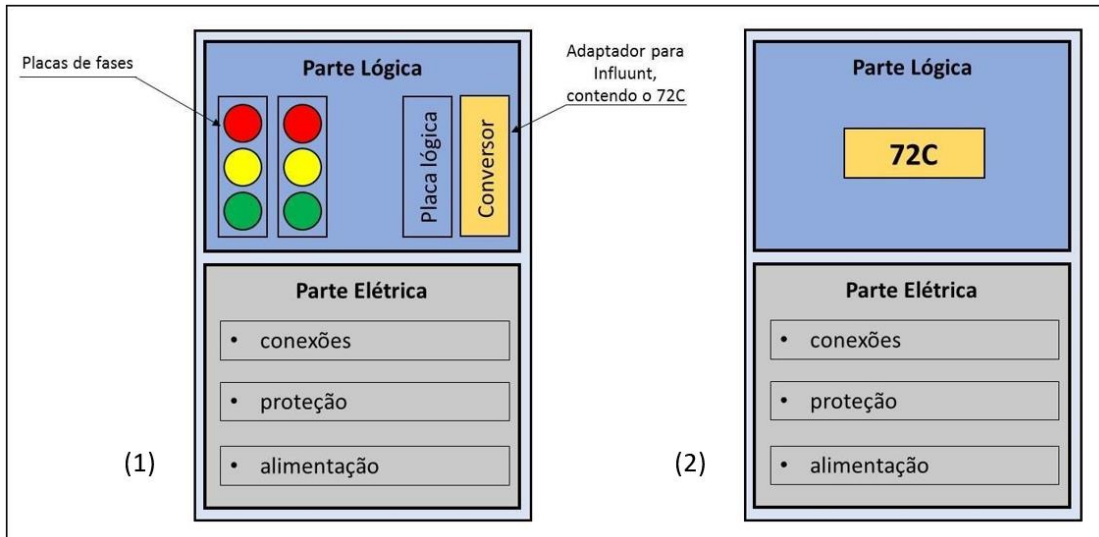


Figura 14 – Alternativas de adaptação dos controladores ao Influunt

Conforme as “Especificações Funcionais e Técnicas para Controlador em tempo Fixo do SistemaInfluunt”, desenvolvida pela CET (dezembro de 2018), na primeira alternativa, são implementadas na própria CPU do controlador as funcionalidades exigidas na Especificação, sendo que a comunicação com a Central é feita por meio de um protocolo de alto nível, ou seja, aquela que mais se aproxima da sintaxe da nossa língua do dia a dia. A Especificação nomeia essa alternativa como “Controlador com 72c embarcado”. A segunda alternativa é denominada “Controlador com Protocolo de Alto Nível”.

No caso da adaptação do controlador existente com a inserção de placa de conversão, esta e o 72C se comunicarão por um protocolo de baixo nível, ou seja, aquela que utiliza linguagem de máquina, e que deverá ser desenvolvido pelo fabricante.

As Figuras 15 e 16 ilustram a questão da comunicação para o caso do controlador embarcado.

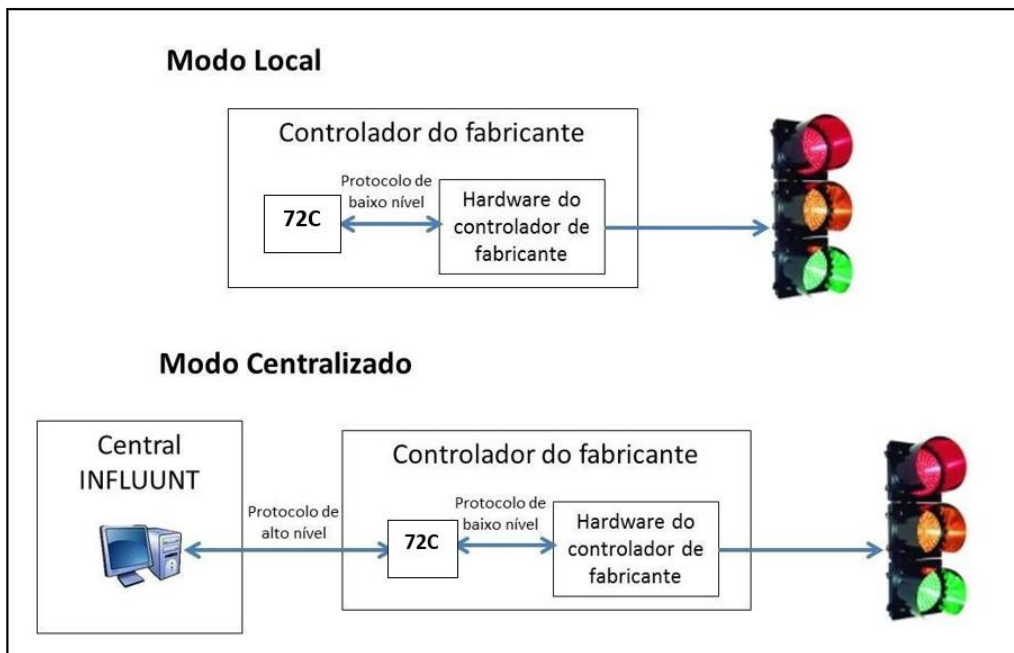


Figura 15 – Esquema das comunicações em protocolo de baixo e alto níveis

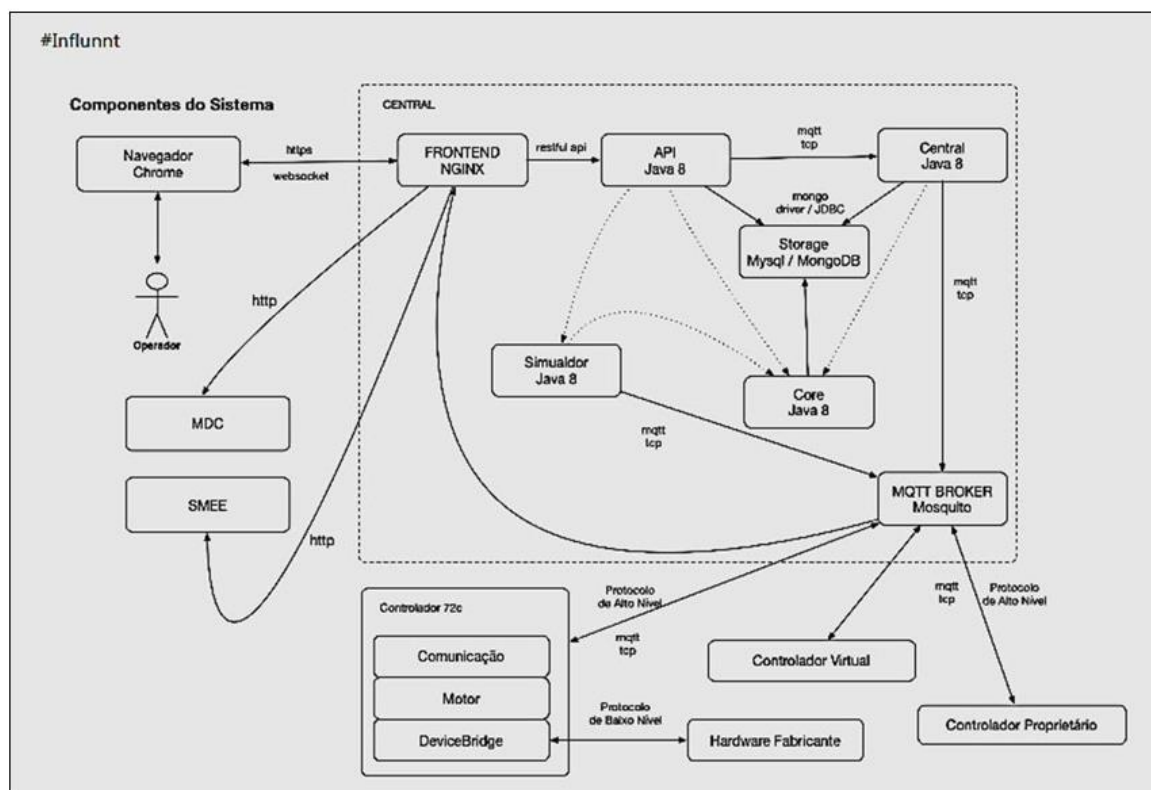


Figura 16 – Esquema detalhado das comunicações de um controlador com o 72C embarcado

## 8.2 Arduino e Raspberry Pi

Os primeiros testes de *hardware* do *Influunt*, antes mesmo do Acordo de Cooperação Técnica foram feitos em um protótipo construído pela CET com o apoio da Raro Labs, incluindo o fornecimento dos componentes. Pela concepção moderna do *Influunt*, foi possível montar o *hardware* com itens de mercado, de fácil aquisição e a baixo custo. Os elementos principais do protótipo foram duas placas: uma *Arduíno* e uma *Raspberry Pi* (Figuras 17 e 18).

*Arduíno* e *Raspebbry Pi* são plataformas dotadas de microprocessador, entradas e saídas, com grande versatilidade de utilização, pois são programáveis usando linguagens conhecidas e gratuitas. Ambas foram idealizadas para uso didático, para fomentar o desenvolvimento da tecnologia e do ensino da informática. Sendo assim, tem preço acessível e são muito populares, pois podem realizar inúmeras funções, até mesmo substituir um microcomputador, no caso da *Raspberry Pi*. As duas placas do protótipo custaram o equivalente a R\$ 250,00 no total, em valor atual.



Figuras 17 e 18 – Protótipo que hospedou o 72C e operou um controlador simplificado (placas internas e caixa de testes)

### 8.3 Informações complementares

#### 8.3.1 Criptografia

As informações que seguem foram extraídas e adaptadas de um documento preparado pela Raro Labs, que foi fornecido como parte do projeto.

Do termo de origem grega “esconder+escrever”, criptografia é o processo de transformação de uma informação original numa informação ilegível para terceiros, por meio de uma convenção combinada. Tem o objetivo de permitir o envio de informação confidencial de maneira segura, sendo sua decodificação (descriptografia) possível apenas por aqueles que souberem a correspondência (chave) entre as mensagens original e a criptografada.

No *Influunt* toda a comunicação entre os controladores e a central é criptografada, o que significa que qualquer alteração na mensagem fará com que ela não seja aberta. Para isso são usados dois pares de chaves assimétricas por controlador. Um par na central e outro no controlador. Cada mensagem é criptografada com uma chave simétrica que, por sua vez, é criptografada pela chave privada assimétrica.

As chaves assimétricas são geradas automaticamente no cadastro do controlador na central. Cada controlador deve conhecer sua chave privada e a chave pública da central. As chaves simétricas devem ser geradas a cada nova mensagem trafegada.

Dessa forma, toda a mensagem recebida no controlador deve ser descriptografada com a chave simétrica, após essa ser descriptografada pela chave privada assimétrica. O mesmo acontece no sentido contrário, ou seja, quando uma mensagem é recebida na central.

A criptografia simétrica, também conhecida como criptografia de chave secreta, usa diversos algoritmos para conseguir seu objetivo, entre eles o AES. Algoritmos que usam criptografia simétrica tendem a ser mais rápidos e utilizam uma única chave, que é compartilhada entre emissor e receptor. Assim, a chave que é usada para cifrar (criptografar) é a mesma que é usada para decifrar (descriptografar). AES significa Padrão Avançado de Criptografia, do inglês *Advanced Encryption Standard*, e é uma cifra de bloco adotada como padrão pelo governo dos Estados Unidos, sendo um dos algoritmos mais populares usados para criptografia de chave simétrica.

A criptografia assimétrica, também conhecida como criptografia de chave pública, usa um par de chaves distintas, conhecidas como chave privada e chave pública. A chave pública é usada para cifrar (criptografar) enquanto a chave privada é usada para decifrar (descriptografar) a mensagem. Tende, em relação à criptografia simétrica, ser mais lenta e necessita de um maior poder computacional das máquinas. No entanto é considerado um excelente método de segurança num canal público. Apenas a chave pública é partilhada entre emissor e receptor. A chave privada é usada para decifrar a informação.

A comunicação controlador/central e central/controlador utiliza chaves exclusivas. Dessa forma, não é possível um controlador se passar por outro controlador ao se comunicar com a central. Também não é possível que uma central se comunique com um controlador que não seja de sua propriedade.

### 8.3.2 Repositórios

Toda a documentação do *Influunt* está armazenada em um repositório na Internet. Repositório é um diretório no qual os arquivos de um projeto ficam armazenados. No caso, o repositório é o *GitHub*, que pertence à Microsoft. Trata-se de um serviço em nuvem, em parte gratuito, intensamente utilizado por programadores e demais profissionais do *software* em todo o mundo. O *GitHub* tem um recurso essencial para o controle dos códigos-fonte nele hospedados que é o controle de versão. O sistema de controle de versão ajuda a acompanhar as mudanças feitas no código base, registrando quem as efetuou, permitindo, ainda, a restauração do código removido ou modificado.

Com isso, o código-fonte e demais documentações do *Influunt* podem ser consultadas por qualquer interessado e estão abertas a colaborações e desenvolvimentos. Vale lembrar que existem proteções seguras para manter a integridade dos códigos utilizados pelo *Influunt*, de modo que, no caso de algum usuário desenvolver uma nova versão, ela só poderá ser incorporada à versão do *Influunt* em uso após a autorização do Administrador do sistema.

Seguem os endereços:

- Projeto versionado  
<https://github.com/influunt>
- Plano de implantação  
<https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/README.md>
- Manual do Usuário  
[https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influuntdoc/manual\\_usuario.pdf](https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influuntdoc/manual_usuario.pdf)
- Guia de Integração com a Central de Semáforos de Tempo Fixo  
<http://influunt.github.io/>
- Especificação de controlador da CET (Revisão 7.0)  
[https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influuntdoc/especificacao\\_cet\\_V7.pdf](https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influuntdoc/especificacao_cet_V7.pdf)
- Código Fonte  
<https://github.com/influunt/influunt>
- Versões do 72c e Controlador Virtual  
<https://github.com/influunt/influunt/releases>
- Últimas Versões do 72c e Controlador Virtual  
<https://github.com/influunt/influunt/releases/tag/1.0.7>  
[https://github.com/influunt/influunt/releases/download/1.0.8/72c\\_linux\\_1.8.deb](https://github.com/influunt/influunt/releases/download/1.0.8/72c_linux_1.8.deb)
- Manual de Integração 72c com controlador  
[https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/72c%20requisitos\\_para\\_integracao.pdf](https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/72c%20requisitos_para_integracao.pdf)



### 8.3.3 Acerto do relógio

Um problema crônico na gestão semafórica em São Paulo é a do acerto dos relógios internos dos controladores. Conforme citado, é fundamental que os controladores de uma rede obedeçam à mesma referência de tempo. Quando a comunicação entre os controladores é interrompida (rompimento do cabo, por exemplo), a referência de tempo de cada controlador passa a ser seu relógio interno. Se a falha de comunicação permanecer por longo tempo, os relógios naturalmente se defasam, ainda que por poucos segundos de diferença. Ocorre que em programações semafóricas, uma pequena diferença de tempo entre a abertura de dois semáforos consecutivos (digamos, 30 segundos) é o suficiente para transformar uma progressão do tráfego em onda verde em uma sequência de abertura indevida e até mesmo perigosa.

Como, infelizmente, por circunstâncias variadas, a perda de comunicação em São Paulo é frequente, ocorrem prejuízos à mobilidade dos usuários, consequência de paradas e esperas desnecessárias pela falta de sincronismo entre os controladores.

No projeto *Influunt* buscou-se eliminar esse problema. Notamos que a concepção construtiva inicial ainda poderia resultar em discrepâncias nos tempos entre os controladores no caso da perda de comunicação. Buscou-se uma solução tecnológica para isso, que foi adicionada à relação dos futuros aperfeiçoamentos do sistema.

O 72C, da forma como foi desenvolvido, roda sob um sistema operacional *Linux*. O 72C adota a referência do *Linux* que, por sua vez, deve ter o seu tempo ajustado por um servidor de NTP (*Network Time Protocol*). O servidor oficial do NTP adotado como padrão no *Influunt* é o NTP.br.

O NTP é um protocolo criado para sincronização dos relógios dos computadores. Ele define uma forma para um grupo de computadores conversar entre si e acertar seus relógios, baseados em fonte precisa de tempo, como os relógios atômicos do Observatório Nacional, que definem a Hora Legal Brasileira. Em sua versão mais completa, o NTP é bastante robusto e preciso. Ele consulta vários outros computadores para saber a hora certa e consegue distinguir entre os que marcam corretamente o tempo e os que tem variações. O NTP também aprende se o relógio de um determinado computador tem viés de se adiantar ou se atrasar e usa essa informação para ajustá-lo constantemente.

No *Influunt* o NTP irá ajustar o horário do *Linux* enquanto houver comunicação. Quando não houver comunicação, o horário do *Linux* será ajustado por GPS. A implementação do ajuste do horário do *Linux* pelo GPS (quando não houver comunicação) é de responsabilidade de cada fabricante de controladores, o que poderia gerar as diferenças de relógio interno já comentadas.

Na relação de futuros aperfeiçoamentos do *Influunt* está prevista a inserção de um módulo no 72C para fazer a gestão do relógio do controlador. Desse modo, no caso de perda de comunicação, o 72C assume a referência de tempo e, com isso, garante o sincronismo entre todos os controladores.

## 9. RESUMO - AS PRINCIPAIS VANTAGENS DO *INFLUUNT*

Como citado anteriormente, toda experiência acumulada pelos técnicos na utilização de controladores de diversas origens, com variadas formas de entradas de dados e lógicas de programação, foi aplicada na concepção do *Influunt*, tornando esse sistema totalmente adaptado à cultura da CET nessa área (Figura 19).



Figura 19 – equipe da CET reunida no MobiLab para testes do *Influunt* (16.nov.2016)

Além desse fator, a lista a seguir traz um resumo da série de melhorias/benefícios decorrentes de uma futura adoção do *Influunt* no sistema semafórico da cidade:

- Baixos custos de implantação/manutenção/atualização
- Protocolo aberto
- *Softwares livre* (sem custos com licenças)
- Código fonte aberto
- Ausência de cabos de comunicação
- Confiabilidade operacional
- Consistência na elaboração das programações
- Garantia de sincronismo dos relógios dos controladores
- Versatilidade de programação (como, por exemplo 4 anéis independentes, variações de rede ao longo do dia, estratégias especiais para eventos)
- Intercambiabilidade de controladores de diferentes fabricantes na mesma redesemafórica
- Simulação e avaliação da consistência das programações, antes de sua implementação / transmissão
- Possibilidade de irradiação da tecnologia *Influunt* para outros municípios e estados da União.

## 10. SITUAÇÃO DO INFLUUNT

Em fevereiro de 2018, o *Influunt* foi um dos escolhidos como um dos Projetos Estratégicos da CET, sendo denominado Programa 10, dentro da área de Tecnologia.

O projeto *Influunt* foi objeto de matéria do jornal corporativo da CET “Via”, edição número 100, de abril de 2018 (Figura 20).

### Corpo técnico debate tecnologias aplicáveis à gestão do trânsito

A Superintendência de Tecnologia (STE), por meio da Gerência de Planejamento e Projetos de Tecnologias (GPT), está promovendo um ciclo de debates sobre tecnologias para a gestão do trânsito. O primeiro fórum interno, em 7 de março, reuniu analistas e técnicos que assistiram uma apresentação do INFLUUNT, sistema inovador no qual se baseia a futura Central de Semáforos em Tempo Fixo da CET.

Na abertura, o então presidente João Octaviano parabenizou a área por prover espaço destinado à difusão do conhecimento, possibilitando ao corpo técnico participação no desenvolvimento de novas soluções e produtos, debatendo sua aplicabilidade dentro de conceitos voltados à modernização da plataforma tecnológica da Companhia:

“Precisamos investir mais em tecnologia de gestão no trânsito, em sistemas modernos, olhando para o futuro. A diretoria vai criar um laboratório e montar um trecho de pista com toda a tecnologia embarcada disponível. Conversamos com a Volkswagen e a GM, que manifestaram interesse em ceder carros autônomos pra gente utilizar nesse projeto. Tratamos com a Finep (agência pública de fomento à ciência e inovação), para ver como podemos montar essa estrutura que irá nos ajudar a desenvolver projetos específicos de pesquisa a longo prazo, sem perder de vista o uso da tecnologia atualmente disponível.»

#### INFLUUNT

O sistema INFLUUNT (do latim “fluidéz”) surgiu num certame criado pelo Mobilab. A empresa mineira Raro Labs venceu com o projeto para viabilizar uma Central de Semáforos em Tempo Fixo própria, baseada em Internet e capaz de permitir à CET controlar equipamentos de campo (controladores semafóricos) de diferentes fabricantes.

O atual estado da tecnologia de sistemas semafóricos de tempo fixo se caracteriza, hoje, por centrais de cada fabricante operando isoladamente entre si, com conexão via cabos. Com o INFLUUNT, desenvolvido com protocolos abertos e softwares livres, atendendo aos requisitos especificados pela CET, será possível baixar/alterar remotamente a programação semafórica no controlador a partir dessa Central.

“Isso surgiu da necessidade de padronizar a lógica e o formato de programação dos controladores. A ideia é que a CET passe a impor aos fabricantes o equipamento que se quer ao invés de se limitar a comprar o que existe no mercado”, diz João Cucci Neto, da Gerência de Informática (GIN).

Estão sendo executados procedimentos de testes nos Departamentos de Controle Semafórico (DCSs), mediante a supervisão da GPE. À Produm coube realizar testes de segurança e estresse do sistema.

#### PROGRAMAÇÃO

A programação dos próximos Fóruns Internos de Tecnologia prevê temas como semáforos de pedestres com contador regressivo (assunto abordado no 2º fórum, em 18/04), botoeiras sonoras, PMV, CFTV, sistemas de detecção alternativos a laços indutivos, etc. Acompanhe a página da STE na Intranet: <http://cet.intranet/ste/forum.htm>.



Figura 20 – Reprodução de parte do *Via*, edição 100

Infelizmente, o projeto *Influunt* foi interrompido no início de 2019.

No ponto em que cessaram as atividades seriam iniciados os testes intensivos de bancada, ou seja, quando os dois controladores da Brascontrol dotados do 72C passariam pela rotina de testes funcionais nos quais todos os comandos e recursos do *Influunt* seriam exaustivamente verificados.

Após os testes de bancada seriam avaliadas as condições para que o *Influunt* pudesse ser testado em campo. À princípio, esses testes seriam em uma área predeterminada, com acompanhamento e monitoração ininterrupta pelos técnicos da CET.

Durante o processo de desenvolvimento surgiram ideias para complementar o *Influunt* com novos recursos. Por estarem fora do escopo original do contrato, estão em uma lista de futuros aperfeiçoamentos. Foi elaborado um Termo de Referência para sustentação do sistema *Influunt*, cujo Anexo I traz a seguinte lista de aperfeiçoamentos e desenvolvimentos:

- Interface para programação local
- Atualização de nova versão de 72C a partir da central *Influunt*
- Gestão da referência de tempo
- Configuração de *log*
- Melhorias de usabilidade
- Gestão de usuário: sistema *Captcha*
- Implementação de comunicação sobre TLS com autenticação múltipla
- Modo tempo fixo isolado semi-atuado
- Monitoração de verdes conflitantes
- Monitoração de focos apagados
- Detectores
- Imposição de demanda em detector
- Interface com o sistema de semáforos em tempo real (Scoot)
- Controlador de teste e gigas de teste
- Documentação e código fonte

Devido à especificidade do sistema, da necessidade de aperfeiçoamentos e de sustentação dos *softwares*, é indispensável que uma consultoria em informática seja contratada para apoiar uma eventual retomada do projeto *Influunt* para que este entre em produção.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS (HORIZONTE)

O termo “revolução” não foi usado de forma exagerada no início deste documento. O *Influunt* é um sistema de baixo custo, com uma interface amigável e com grande confiabilidade operacional. Tem tudo para ser um marco na inovação tecnológica em relação ao atual estado da arte de sistemas de semáforos em tempo fixo e se tornar uma referência e padrão nacionais.

O *Influunt* ainda tem o potencial de aumentar a inserção do município no conceito de “cidades inteligentes”, não só por meio da interligação de grande parte de seu sistema semafórico, mas também como ponto de apoio para conexão de outros sistemas públicos, tornando-se mais um dos elementos a comporem a “Internet das Coisas” (*Internet of Things - IoT*).

Todo esse potencial e as vantagens para a gestão do trânsito e da mobilidade como um todo justificam o investimento público no prosseguimento do desenvolvimento do projeto *Influunt*, devido à excelente relação custo-benefício e, também, pela projeção da cidade de São Paulo no contexto nacional, tanto por seu caráter inovador, quanto pelas possibilidades de expansão.

## 12. QUEM TRABALHOU DIRETAMENTE NO PROJETO

- **Pelo MobiLab**

Ciro Birdman  
Daniela Coimbra Swiatek  
Branca Melissa Mandetta  
Rafael Tartarotti

- **Pela CET**

José Roberto Carvalho (Zero)  
João Cucci Neto  
Alexandre Francisco Santos (*também colaborou neste texto*)  
Hércules Justino de Souza  
Sun Hsien Ming  
Virgílio dos Santos (*também colaborou neste texto*)  
Ager Pereira Gomes (*também colaborou neste texto*)  
Carlos Bruno Silva Desenzi  
Suely da Conceição C. Gaiasso  
Vincenzo Picchiello  
Renato Muslin Affonso  
Salim Hadad  
Antonio Marcos Madeira  
Roberto Sadaharo Suzuki  
César Tadeu Melito  
José Carlos do Nascimento

- **Pela Raro Labs**

Rodrigo Sol  
Ramon Setraghi  
Leonardo Herbert Gonçalves  
Lesio Pinheiro  
Paulo Pereira  
Juarez Lustosa  
Pedro Pires  
Dante Marchi