

## **Programação inteligente para transporte urbano**

Wan Yu Chih

Wplex Software  
Florianópolis SC  
<http://www.wplex.com.br>

### **Objetivo**

*O objetivo deste documento é trazer esclarecimentos sobre o tema programação horária e a necessidade de se abordar adequadamente o assunto, com vistas a permitir ganhos de redução de custo e aumento de receita pelas empresas operadoras de transporte por ônibus urbano.*

### **Programação horária**

Também chamada de programação de linha, consiste em obter como resultado final, tabelas horárias de viagens para uma linha (ou linhas) de ônibus, por veículo e para cada tripulante. Tecnicamente falando, trata-se de um problema de geração e alocação de viagens à frota e tripulantes. Sua importância reside no fato de que, além de garantir um bom atendimento aos passageiros, define o quanto a empresa irá dispendir com a folha de pessoal e combustível ao final de cada mês.

Normalmente, em empresas menores, as programações são desenvolvidas manualmente na forma tabular, ou por métodos gráficos onde a solução é desenhada com o uso de régua e lápis. Mais recentemente vem sendo substituídos por planilhas eletrônicas de cálculo engenhosamente elaboradas, ou por módulos integrantes de sistemas de gerenciamento de empresas (os chamados ERPs) que utilizam a mesma lógica das planilhas eletrônicas, com a vantagem de automatizar a emissão de relatórios e integração com outros módulos do sistema, como a escala de tripulação.

O uso de ferramentas mais poderosas passa a ser crítico nos casos em que a empresa tiver um volume de operação significativo, somado à necessidade do emprego de recursos operacionais mais complexos. Nestes casos, passa a ser vital a busca por soluções tecnológicas mais modernas oferecidas por softwares especialistas de programação horária.

### **Problemas matemáticos combinatórios**

Em uma linha de ônibus comum, devem ser realizadas algumas dezenas ou centenas de viagens por dia. Mesmo observando as restrições operacionais, como os tempos de paradas mínimos nos terminais e a regulamentação de jornada de trabalho da

tripulação, centenas de milhares de possibilidades de encadeamento entre viagens, carros e tripulantes, formam o universo possível de soluções para a programação horária de uma linha. Na solução vislumbrada pela Wplex Software para a programação horária, métodos matemáticos de pesquisa operacional são codificados em linguagem de computador e acoplados em vários módulos, com a finalidade de gerar soluções rápidas e eficientes. Os modelos matemáticos automatizam operações combinatórias para o usuário, produzindo soluções num curto espaço de tempo.

## **Dinâmica do transporte por ônibus**

Alguns aspectos importantes devem ser observados na escolha de uma solução: a dinâmica do transporte e o volume de operações da empresa. A operação de linhas de ônibus possui uma dinâmica própria e está sujeita a vários fatores que tendem a alterar a relação de equilíbrio de uma programação horária: mudança do tempo viagem, da demanda, do itinerário, da jornada pelo acordo trabalhista, etc. Quanto mais mudanças ocorrem no dia-a-dia, maior a necessidade de revisões nas programações. O volume de operações, por sua vez, está relacionado ao porte da empresa. Quanto maior a empresa, maior será a quantidade de reprogramações a serem feitas, sendo necessário prover agilidade à empresa, para re-estabelecer o mais rápido possível uma situação aceitável de oferta, custo e receita.

## **Ganhos com a programação**

São enormes os benefícios com a utilização de um sistema eficiente de programação. Entre eles estão: melhor alocação das viagens em relação à demanda, melhor aproveitamento e utilização da frota, menor tempo parado nos pontos terminais da linha, melhor aproveitamento da tripulação, agilidade e rapidez nas reprogramações, redução de erros no planejamento e na tomada de decisão, maior transparência na alocação dos recursos operacionais, modernização da empresa, eliminação de desperdícios, melhoria do nível de serviço, redução de custo e aumento de receita.

A rapidez com que as soluções são elaboradas permite uma geração de maior quantidade de alternativas, levando à adoção de soluções mais interessantes do ponto de vista operacional, de custos, e até mesmo da receita, quando envolver melhoria da oferta. Na estrutura de custo de uma empresa operadora de transporte urbano, mais de 70% do seu custo operacional está concentrado nos itens tripulação e rodagem (envolvendo combustível, pneus e lubrificantes). A programação horária afeta diretamente esses custos, além da receita, e pode trazer ganhos equivalentes a 4% a 12% sobre a receita.

## **Etapas fundamentais da programação**

Ao elaborar uma programação horária deve-se observar alguns cuidados para se garantir bons resultados. Uma estatística de tempos e passageiros confiável, um bom

sequenciamento de viagens e uma boa alocação de jornadas contribuem para uma solução econômica e exequível na prática.

### *Estatística de tempos e passageiros*

A utilização de tempos adequados de percurso impacta diretamente a pontualidade nos horários e a regularidade nos intervalos, garantindo o adequado atendimento ao volume de passageiros em cada faixa horária do dia.

### *Geração de viagens*

Com base na estatística de tempos e passageiros, pode-se elaborar o quadro de viagens necessárias para atender com eficiência os passageiros da linha. Em certas cidades ou empresas, observa-se o costume de se programar tantas viagens quantas puderem ser realizadas pelos carros escalados na linha, sem adequá-las às necessidades da demanda, gerando desnecessariamente um custo maior para a operação.

### *Sequenciamento de viagens*

Os tempos de parada nos pontos terminais atuam como amortecedores para a regularização dos horários de partidas, compensando eventuais atrasos no horário de chegada, além de servir para breves descansos da tripulação. Entretanto, em algumas situações, os tempos de parada somados podem chegar a 30% do tempo total de operação, prejudicando fortemente o resultado econômico da empresa. Um bom sequenciamento de viagens por carro (também chamado de alocação de viagens por carro) pode minimizar o desperdício, mantendo o tempo total de parada próximo ao mínimo necessário.

### *Alocação de tripulação*

Numa única linha de ônibus, cada tripulação inicia sua jornada num horário diferente da outra e a sua duração varia em função da programação horária confeccionada. Na prática tem-se uma infinidade de possibilidades diferentes de jornada. A alocação de jornadas deve buscar a solução que traga o menor custo total do conjunto de jornadas.

### *Avaliação de custos*

A avaliação do custo operacional relativo à programação elaborada é um passo fundamental na busca da solução a ser adotada. Pequenas alterações no quadro de viagens, ou até mesmo um pequeno deslocamento no horário de algumas viagens pode reduzir o total de tripulações ou veículos necessários na linha e trazer impactos significativos sobre o custo.

## **Recursos operacionais**

Resultados diferentes são obtidos ao se utilizar recursos (ou estratégias) operacionais diferentes, possibilitando assim a avaliação da vantagem em utilizá-la ou não, com a criação de diversas alternativas de programação.

### *Sincronização de horários*

A sincronização de horários deve ser utilizada quando houver 2 ou mais linhas que atendem trechos importantes e comuns em seus itinerários. Objetiva uma melhor distribuição dos horários de partida em pontos determinados, de modo a reduzir a incidência de buracos nos headways ou comboiamento. Os casos mais complexos podem envolver diversas linhas com diversos pontos de sincronização.

### *Multi-linha*

A programação multi-linha (em inglês, “interline”), envolve a utilização do veículo e tripulação em mais de uma linha ao longo de sua jornada, intercalando viagens de uma ou mais linhas diferentes. Esse recurso é utilizado nos casos em que os tempos de viagem das linhas apresentam diferenças significativas, os períodos de pico de demanda variam, ou ainda quando a simples alternância de partidas a partir de um terminal de linha possibilita redução do tempo de parada do veículo (e tripulação) no terminal. Permite melhor aproveitamento da jornada, com redução de horas extras e ociosas, e veículos. Esse tipo de programação pode envolver nos casos mais complexos, a totalidade das linhas da empresa. Requer treinamento dos motoristas nos diversos itinerários do conjunto de linhas e veículos relativamente padronizados do ponto de vista do usuário.

### *Descanso intercalado*

O descanso intercalado é utilizado quando existe um intervalo para descanso (intrajornada) durante a jornada de trabalho diária. Quando uma tripulação inicia o descanso, a outra assume o veículo. Ao final do descanso da primeira tripulação, esta retoma o veículo e a segunda tripulação pára e inicia o seu descanso. Ao término do descanso da segunda tripulação, esta assume novamente o veículo e a primeira tripulação encerra o seu dia de trabalho.

### *Multi-carro*

A programação multi-carro é utilizada quando existe intrajornada durante a jornada. Após o descanso, permite-se que o motorista assumo um carro diferente do que foi conduzido durante a primeira parte da jornada. Requer uma frota de veículos relativamente padronizada do ponto de vista do motorista.

### [Multi-tecnologia veicular](#)

Este recurso operacional consiste na utilização de veículos com tecnologias diferentes por um mesmo motorista. Assim, um mesmo motorista conduz mais de 1 tipo de veículo no mesmo dia, na mesma linha.

### **Casos nacionais**

Diversos exemplos são apresentados a seguir para ilustrar a utilização dos diferentes tipos de recursos operacionais, bem como da própria programação horária, como ferramenta central de apoio à gestão operacional.

#### [Coesa, Niterói](#)

Possui 144 carros e realiza o transporte intermunicipal no eixo São Gonçalo, Niterói, Rio de Janeiro. Possui uma operação com mais de 60 micro-ônibus, atravessando a ponte Rio-Niterói. O principal desafio nessa programação é o estabelecimento de tempos de percurso adequados haja vista a enorme variação que os mesmos estão sujeitos no dia-a-dia, tendo para um tempo médio de 60 minutos na meia-viagem, uma oscilação de igual ordem de grandeza. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde 2002.

#### [Baixada Santista SP](#)

Um conjunto de 6 empresas, entre elas a Viação Piracicabana e a Executiva Transportes, montou uma central para a programação de mais de 850 ônibus, que a partir de 4 garagens realizam o transporte municipal de Santos, São Vicente, Praia Grande, Cubatão e o transporte intermunicipal, ligando estes municípios, de Santos a Peruíbe no litoral sul de São Paulo. As garagens são utilizadas como ponto de apoio para estacionamento durante o entre-pico. Utilizam o multi-linha como forma de elevação da produtividade da frota e pessoal. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde 2001.

#### [SBCTrans, São Bernardo do Campo](#)

A SBCTrans é a empresa operadora única do sistema municipal de transporte de São Bernardo do Campo. Possui 350 ônibus. Utiliza intensivamente o recurso de multi-tecnologia veicular. Em certas linhas, os motoristas que dirigem ônibus articulados no início do dia, trocam seus veículos na garagem por ônibus convencionais, com menor capacidade, logo após o pico da manhã. O motorista de renição conduz esse veículo até o momento anterior o pico da tarde, quando o troca por um articulado para o pico da tarde. Em outras linhas, motoristas alternam micro-ônibus e ônibus convencional ao longo do dia. Praticam também a mudança de tecnologia veicular por motorista, durante os dias da semana. Um motorista que conduz um veículo articulado durante

os dias úteis, é escalado para conduzir um veículo convencional aos sábados na mesma linha, ajustando-se assim a oferta à demanda. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde 2001.

#### *Metra, São Bernardo do Campo*

A Metra é a empresa operadora dos corredores metropolitanos do ABCD de São Paulo, com 230 ônibus. Praticamente todas os ônibus trafegam em corredores segregados garantindo altos níveis de pontualidade e regularidade nos horários. Possuem 5 tecnologias veiculares, entre elas tróleibus, ônibus padron, ônibus híbrido e micro-ônibus que são alocados através da programação horária nos horários mais convenientes e econômicos. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde 2005.

#### *Conorte, Porto Alegre*

Com 3 empresas operadoras, é o primeiro consórcio operacional de empresas do País e passou a ser uma referência nacional. Centralizou o planejamento, a programação e fiscalização através de estrutura própria. As linhas são agrupadas em bolsões definidos pela proximidade física dos itinerários. As linhas de cada bolsão são programadas simultaneamente, mantendo-se assim um bom aproveitamento dos tripulantes motoristas e veículos. Existem bolsões com até 9 linhas diferentes envolvendo cerca de 40 veículos. Em alguns terminais, permite-se que o carro efetue transferência em deslocamento morto até outro terminal mais próximo para prosseguir realizando viagens a partir desse local. Até 2003, aplicavam intensivamente o descanso intercalado nas tabelas de tripulação, quando então passaram a utilizar o recurso do multi-carro nas programações, gerando uma economia na frota da ordem de 20 veículos, de um total de 416 da frota total. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde o ano 2000.

#### *Viação Cidade Dutra, São Paulo*

Este caso é outro bom exemplo de como a programação horária faz parte integrante do modelo de gestão da empresa. As linhas foram divididas em 4 grupos, cada um comandado pelo líder de célula, com autonomia sobre os tripulantes e fiscais. As metas operacionais da empresa são desmembradas por célula e é feito o acompanhamento sistemático de resultados. Para o correto cumprimento da programação, os fiscais de linha seguem o estabelecido no manual de procedimentos padrão criado pela empresa. Os fiscais também acompanham os resultados das metas. A programação é parte integrante do sistema orçamentário da empresa. A Viação Cidade Dutra tem 530 ônibus e é a empresa que apresenta sistematicamente o maior crescimento da participação percentual de passageiros transportados no sistema municipal de São Paulo, com a mesma quantidade de veículos. Utilizam o software Wplex2000 de programação desde o ano 2000.

## **Característica desejáveis de um software de programação horária**

Algumas características importantes desse tipo de software são: a capacidade de gerar, determinar e avaliar eficientemente as estatísticas de tempos e passageiros para utilização nas programações, o quadro de viagens, o sequenciamento de viagens por carro, o conjunto ideal de jornadas e o custo da solução gerada, além de ser capaz de permitir a confecção de programações horárias utilizando os recursos operacionais mencionados anteriormente. O software Wplex2000 programação horária foi desenvolvido para possibilitar o uso desses recursos com eficiência e segurança.

## **Fator humano**

Como sempre, o aparato tecnológico composto por hardware e software tem a função de fornecer informação para as pessoas. O preparo, a capacidade e a vontade de usá-la são ingredientes essenciais para o sucesso do projeto. Espera-se que a empresa disponha de profissionais capacitados para seguir as diretrizes traçadas, elaborar propostas de reprogramações e submetê-las à aprovação da alta gerência. Esta por sua vez deve fornecer instruções, metas e subsídios para as próximas reprogramações. Um retrato periódico e freqüente da operação permitirá o acompanhamento do progresso alcançado. Adicionalmente, deve existir um conjunto claro de procedimentos a serem seguidos quando uma situação não desejada é encontrada, seja pelo pessoal de programação, seja pelo pessoal da operação. Com o tempo e com a adequada supervisão, essa sistemática de trabalho passa a ser incorporada pela organização garantindo a ela o funcionamento num elevado nível de eficiência no uso dos principais recursos da empresa.

## **Conclusões**

- Reduções de custo ou aumento de receita podem ser obtidos adotando-se recursos operacionais que dêem mais flexibilidade para a operação.
- Quanto mais dinâmica for a operação e maior for o volume de operações da empresa, mais útil será o emprego de uma ferramenta especialista de programação horária.
- Um bom sistema de programação auxilia a empresa estabelecer uma nova curva de aprendizado na área de gestão operacional da empresa, associando soluções e ações cada vez melhores aos problemas operacionais do dia-a-dia, de forma racional, lógica e transparente.
- Um sistema moderno de programação horária traz uma mudança de atitude do pessoal envolvido na gestão da operação, modernizando a empresa.

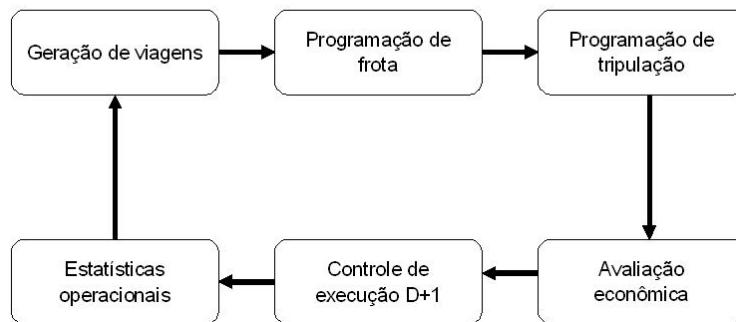
## A Wplex Software

A Wplex Software é uma empresa de software baseada em Florianópolis SC e tem como competência essencial o desenvolvimento de ferramentas para otimização do uso da frota e tripulação por empresas operadoras de transporte urbano e aéreo.

## O software Wplex2000 de programação horária

Lançado no ano 2000, é utilizado por mais de 30 empresas, em diversas cidades de diversos estados, proporcionando economia, produtividade e modernização da empresa.

### Visão geral Wplex2000:



---

*Elaborado em 2005. Revisão 03nov2005.*