

UM MODELO BASEADO EM PREFERÊNCIA DECLARADA PARA O PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO TRABALHO ENTRE CONDUTORES DE TREM

Ademir Aparecido Constantino, Antonio Galvão Novaes

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção, Caixa Postal
476 88036-002 Florianópolis, SC - Brasil
e-mail: ademir@eps.ufsc.br, e-mail: novaes@eps.ufsc.br.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo descrever uma aplicação da técnica de preferência declarada no processo de distribuição de carga de trabalho entre os condutores de uma empresa de transporte ferroviário de carga. A metodologia utilizada consiste em duas partes: a geração de uma escala cílica de trabalho e a distribuição das escalas truncadas entre os condutores. Para a distribuição das escalas de trabalho foi utilizado um modelo matemático conhecido como problema de atribuição com gargalo. Este modelo possibilita uma distribuição mais equitativa com relação ao nível de carga de trabalho de cada escala. Para quantificar a carga de trabalho das escalas foi utilizado uma função utilidade ajustada por técnica de preferência declarada. Aqui, a carga de trabalho está relacionada com a preferência (satisfação) do condutor. A técnica de preferência declarada é fundamentada em entrevistas, sob a qual um conjunto de alternativas hipotéticas são apresentadas ao entrevistados. As entrevistas foram realizadas por um profissional com experiência no processo de geração e distribuição das escalas. As etapas de construção do experimento até a calibração dos coeficientes da função utilidade são descritos neste trabalho. Resultados satisfatórios foram obtidos com esta experiência.

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de uma empresa de transporte pode ser dado em três níveis hierárquicos: o estratégico, o tático e o operacional. A nível operacional a empresa pode ter problemas de determinação dos roteiros a serem executados pelos veículos e problemas de alocação dos veículos e condutores. No presente trabalho será dado ênfase ao problema de alocação de condutores de trem.

O problema de alocação de condutores pode ainda ser dividido em dois subproblemas. Dependendo da empresa o problema relevante pode ser o de alocação diária de condutores e/ou de planejamento de escala semanal (ou mensal) para os condutores. Estes dois problemas são

denominados pela literatura inglesa como sendo o *crew scheduling problem* e o *crew rostering problem* (Caprara et al. 1995a; 1995b).

O segundo problema, o de escala de serviço para condutores, receberá a ênfase principal neste estudo. Este problema consiste em determinar quais os dias que cada condutor trabalha e quais os tipos de atividades que ele realizará e, ainda, quais os seus dias de folga. O horizonte de planejamento da escala de serviço para condutores normalmente varia de uma semana a um mês, dependendo da política da empresa. O processo de construção das escalas de trabalho é essencialmente combinatorial, e dependendo da empresa gasta-se horas ou dias de trabalho nesta atividade. Para a construção das escalas várias regras devem ser obedecidas, tais como, os regulamentos da profissão, regras resultantes de acordos sindicais e regras da própria empresa. Devido a complexidade encontrada neste tipo de problema, ele passou a ser um objeto de estudo dentro da área de pesquisa operacional. Diversos modelos matemáticos tem sido desenvolvidos e aplicados em casos práticos. Porém, em casos reais a dimensão destes modelos cresce excessivamente, tornando-se impraticável a obtenção da solução ótima. Por isso, diversos algoritmos heurísticos tem sido desenvolvidos. Algumas referências podem ser entradas no estudo de Bodin et al (1983) e Constantino e Novaes (1996).

Embora existam vários modelos e algoritmos desenvolvidos, muito pouco tem sido feito no sentido de produzir escalas de trabalho equitativas entre condutores. Algumas publicações científicas que abordam esta questão podem ser encontradas na literatura, porém, resumem-se em distribuir apenas as horas de trabalho, ou seja, apenas o fator 'tempo' é ponderado na distribuição das escalas. Esta abordagem é satisfatória em alguns casos, porém, para algumas empresas de transporte de cargas, por exemplo, pode ocorrer uma variação de tipos de atividades, na qual algumas atividades são mais preferíveis do que outras. Esta variação pode produzir distorções no nível de carga de trabalho entre os condutores, se apenas as horas trabalhadas forem ponderadas. Esta situação nos leva, então, a desenvolver um modelo que quantifique esta carga de trabalho mais satisfatoriamente, do ponto de vista dos condutores. Desta forma, foi adotada uma função utilidade ajustada a partir de técnica de preferência declarada, com o objetivo de quantificar a carga de trabalho em função da preferência do empregado. Nesta pesquisa, a função utilidade ajustada considera alguns fatores (atributos), tais como: o tipo de atividade, o dia em que a folga é cumprida (domingo/feriado ou dia útil), quantidade de horas trabalhadas e o percentual de horas noturnas.

O presente trabalho apresenta todas as etapas de desenvolvimento da aplicação de técnica de preferência declarada que vão desde a concepção do experimento até o resultado final com a função utilidade ajustada. Antes, porém, é feito uma rápida descrição do problema particular estudado e dos respectivos modelos aplicados, para que o leitor possa se situar dentro deste contexto, e assim, entender onde e como a função utilidade é empregada.

2. MODELOS DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS ESCALAS DE TRABALHO

Esta pesquisa foi aplicada em uma empresa brasileira de transporte ferroviário. Periodicamente a empresa estabelece o conjunto de atividades (constituído basicamente de viagens) que devem ser cumpridas diariamente pelos condutores. Cada uma das atividades diárias deve ser associada a

um condutor (ou equipe). São basicamente 4 tipos diferentes, a saber: viagem com trem de minério, viagem com trem de carga, manobra em pátio e prontidão. Para cada atividade é estabelecida a hora de início e a hora de término. A duração de algumas atividades pode chegar até 30 horas, porém, intercalada com aproximadamente 15 horas de descanso em uma base fora de seu domicílio. Enquanto que outras atividades restantes possuem uma duração de 6 horas contínuas.

Mensalmente, a empresa realiza o planejamento de escala de trabalho dos condutores. A abordagem adotada consiste em produzir uma escala cílica contendo todas as atividades que ocorrem num dia típico de trabalho. Em outras palavras, isto significa que, uma vez definido o conjunto de atividades a ser cumprido diariamente, é construída uma sequência cílica de trabalho na qual cada elemento deste ciclo representa uma atividade do conjunto. Veja a ilustração da 1º. Para a construção dessa sequência as restrições legais devem ser obedecidas. Uma vez que a escala cílica é construída, então, obtém-se o número de condutores que a empresa necessitará. Este número é justamente o comprimento da sequência cílica.

DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<u>a_1</u>	<u>a_2</u>	<u>a_3</u>	<u>a_4</u>	<u>a_5</u>	X	<u>a_6</u>
<u>a_6</u>	<u>a_7</u>	<u>a_8</u>	X	<u>a_9</u>	<u>a_{10}</u>	
<u>a_{11}</u>	<u>a_{12}</u>	X	<u>a_{13}</u>		<u>a_{14}</u>	
<u>a_{15}</u>	<u>a_{16}</u>	<u>a_{17}</u>		<u>a_{18}</u>		<u>a_{19}</u>
<u>a_{20}</u>	X	<u>a_{21}</u>	<u>a_{22}</u>		<u>a_{23}</u>	
X	<u>a_{24}</u>	<u>a_{25}</u>	<u>a_{26}</u>	<u>a_{27}</u>		X

Figura 1 : Exemplo de uma escala cílica de um conjunto de 27 atividades. Cada dia de folga é denotado por X. Para executar estas 27 atividades em sequência são necessários 42 dias, consequentemente, 42 condutores são necessários.

Observando a escala da 1º, nota-se que ela é composta por pequenas sequências de dias consecutivos de trabalho, intercaladas por dias de folga. Estas pequenas sequências serão denominadas de *programações* e denotadas por P_k , $k=1, \dots, N$, sendo N o número de programações que compõe a escala cílica, para o exemplo acima $N= 7$. Sendo assim, uma escala cílica é composta por uma sequência de programações P_k que podem ser comutadas entre si. Isto significa que podem ser produzidas escalas cílicas diferentes com as mesmas atividades e de mesmo comprimento. Esta é uma observação útil para o processo de distribuição das cargas de trabalho que é tratado logo a seguir.

Nesta pesquisa foi adotado um modelo matemático conhecido como *set covering* para a construção da escala cílica. Detalhes sobre esta metodologia podem encontrados no trabalho de Constantino e Novaes (1996).

Utilizando o modelo citado acima obtém-se uma escala cílica otimizada. Em situações reais esta escala cílica normalmente possui um comprimento de w dias, $w > 30$. Dado que o horizonte de planejamento é de 30 dias, então, a escala cílicas particionada em w escalas de 30 dias. Para o

exemplo anterior, $w=42$, é necessário truncar em 42 escalas diferentes. Cada escala truncada inicia numa posição diferente com relação ao quadro da 1º. Isto significa que as escalas truncadas podem possuir cargas de trabalho diferentes de acordo com as preferências dos condutores. Considere U_i a utilidade da escala truncada St_i , $i=1, \dots, w$, sendo que St_i denota a i -ésima escala truncada. O valor de U_i é obtido através da função utilidade a ser calibrada através da técnica de preferência declarada. Portanto, U_i fornece uma medida quantitativa do nível da carga de trabalho de uma determinada escala truncada St_i . O objetivo é distribuir as escalas truncadas entre os condutores de maneira equitativa. Para distribuir as escalas de trabalho foi adotado um modelo matemático conhecido como problema de atribuição com gargalo, que é dado pela seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } y \\
 \text{s.a.: } & \sum_{i=1}^w x_{ij} = 1; \quad j = 1, \dots, w; \\
 & \sum_{j=1}^w x_{ij} = 1; \quad i = 1, \dots, w; \\
 & x_{ij} c_{ij} \leq y \quad j = 1, \dots, w \\
 & x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1, \dots, w;
 \end{aligned} \tag{1º}$$

sendo que $c_{ij} = (-1)U_T$, onde U_T é a utilidade o histórico de trabalho do condutor i , mais a escala truncada j , e $c_{ij} = \infty$ caso o condutor i seja impossibilitado de executar a escala truncada j . Um condutor i não pode executar uma escala St_j , desde que a primeira atividade na escala St_j não possa ser executada sequencialmente após a última atividade do histórico de trabalho do condutor i .

A variável de decisão x_{ij} é igual a 1 se condutor i continuar sua escala de trabalho através da escala St_j e 0 caso contrário.

Através do modelo 1º obtém-se uma distribuição equitativa do trabalho a partir de um conjunto de escala St_i , $i=1, \dots, w$. Porém, foi observado anteriormente que uma escala cíclica por ser modificada apenas comutando algumas programações P_k . Consequentemente, outros conjuntos de escalas truncadas podem ser produzidos, e por sua vez, outros problemas de atribuição com gargalo podem ser resolvidos. A comutação de programações é realizado através da clássica heurística 2-opt. A cada comutação um problema de atribuição com gargalo é resolvido. Os problemas de atribuição com gargalo foram resolvidos através do algoritmo apresentado por Carraresi e Gallo (1984).

Foi visto que cada problema de atribuição com gargalo é montado a partir de valores obtidos através de uma função utilidade. Portanto, para que o modelo de distribuição das escalas seja executado é necessário conhecer a expressão da função utilidade. O restante deste trabalho está voltado para a aplicação da técnica de preferência declarada com o objetivo de ajustar uma função utilidade. Exemplo de aplicação da função utilidade é apresentada na seção 4.6.

3. A TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA - TPD

Modelar a estrutura decisória dos indivíduos quando defrontado com um conjunto de alternativas não é uma tarefa muito simples. A literatura tem apresentado algumas técnicas que estimam o comportamento decisório dos indivíduos através de modelos matemáticos. Dentre as técnicas em uso tem-se a técnica de preferência declarada.

Segundo Kroes e Sheldon (1988), o termo técnica de preferência declarada refere-se a uma família de técnicas, as quais utilizam respostas individuais a respeito da preferência dos entrevistados sobre um conjunto de opções para estimar uma função utilidade. As opções são tipicamente descrições ou contextos constituídos por pesquisadores.

Essa utilidade é quantificada por meio de expressões matemáticas denominadas de função utilidade. A função utilidade serve para expressar a hipótese do pesquisador sobre a maneira com a qual os indivíduos combinam parte da utilidade dentro de uma avaliação total ou utilidade total. Esta função utilidade exprime matematicamente as preferências do entrevistado. Nas aplicações de TPD assume-se, normalmente, que os indivíduos seguem um modelo linear aditivo para a função utilidade. Assim, pode-se definir uma expressão matemática:

$$U_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ink} \quad (2^o)$$

onde:

U_{in} = utilidade da alternativa i para o indivíduo n ;

x_{ink} = valor do atributo k para a alternativa i ;

β_k = coeficiente do modelo para o atributo k .

K = quantidade de atributos das alternativas.

Mais detalhes sobre a fundamentação teórica e prática da técnica de preferência declarada podem ser vistas em Ben-Akiva e Leman (1985), Hensher (1994) e Kroes e Sheldon (1988).

4. UMA APLICAÇÃO DA TPD

Para uma aplicação da técnica de preferência declarada um dos objetivos principais é a construção das alternativas (cenários ou opções) hipotéticas que serão utilizadas nas entrevistas. Cada alternativa é apresentada em forma de cartão, no qual é impresso a representação, de preferencialmente gráfica, da alternativa. Para a aplicação deste estudo uma alternativa significa uma escala de trabalho que o condutor possa realizar. Porém, uma escala pode ter duração variável. Para solucionar esta questão foi definido que cada alternativa seria uma escala de duração fixa, ou melhor, que cada opção seria uma programação com duração de 6 dias, sendo que no sexto dia é dado uma folga. A duração de 6 dias foi escolhida por representar um valor médio da duração das programações realizadas no caso real.

4.1. Identificação dos atributos e seus níveis

Nesta aplicação os produtos que se pretende avaliar são as escalas de trabalho. Desta forma é necessário identificar quais os fatores que causam a maior atratividade durante uma avaliação de preferências. Em outras palavras, significa definir os atributos que identificam o produto (escala). Através de uma pesquisa, realizada com profissionais responsáveis diretamente com a tarefa de construção e distribuição das escalas, pôde-se identificar uma classificação dos atributos, conforme ilustrado na 2º.

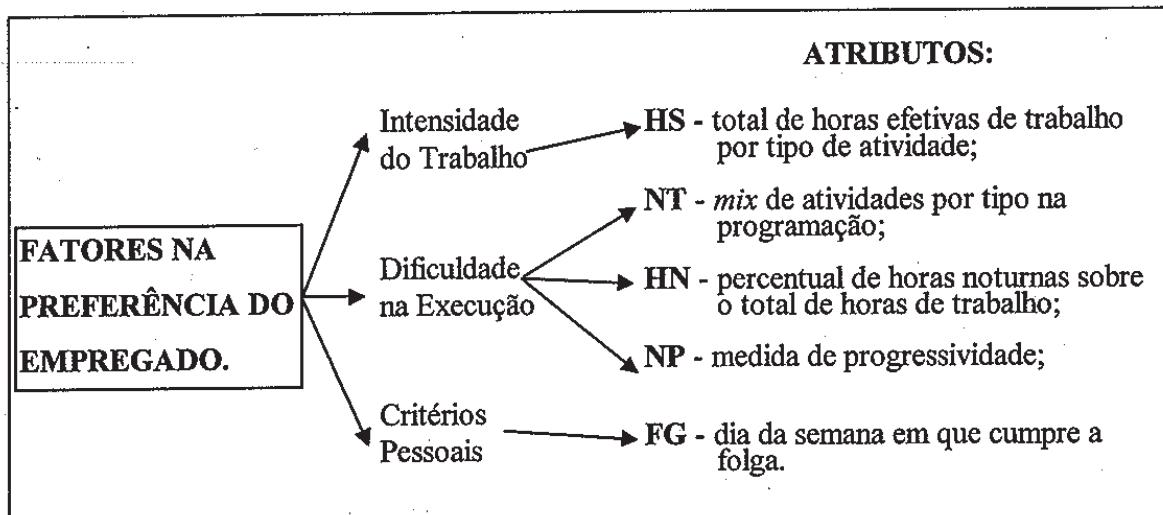


Figura 2 : Classificação dos atributos

Foram identificados 5 atributos importantes e que foram utilizados na elaboração dos cartões:

1. NT - *mix* de atividades por tipo no período;
2. HS - total de horas efetivas de trabalho por tipo de atividade;
3. HN - percentual de horas noturnas sobre o total de horas trabalhadas;
4. NP - o número de vezes que a progressividade¹ entre atividades foi violada;
5. FG - o dia da semana que o condutor cumpre sua folga.

Os seguintes níveis de cada atributo foram estabelecidos:

1. Atributo NT

Para efeito de mensuração comparativa de dificuldade de execução das tarefas, foi definida a seguinte escala progressiva:

nível 0: programação contendo somente manobras;

nível 1: programação contendo uma prontidão, sendo o restante formado por manobras;

nível 2: duas programações, complementadas por manobras;

nível 3: condução de trem de carga, complementada por manobras;

nível 4: condução de trem de minério, mais prontidão, mais manobras;

nível 5: condução de um trem de minério, condução de um trem de carga e mais manobras;

nível 6: condução de dois trens de minério e mais manobras;

¹ A progressividade entre duas tarefas é observada quando a hora de início da segunda tarefa não ocorre mais cedo que a hora de início da tarefa no dia anterior.

nível 7: condução de dois trens de minério, mais prontidão

2. Atributo HS

Uma vez que o atributo NT apresenta 8 níveis, resultando em durações diversas de horas efetivamente trabalhadas e considerando o número total de combinações resultantes, decidiu-se considerar a variação do atributo HS como embutida nas combinações do atributo anterior.

3. Atributo HN

nível 0 : 0 à 33%

nível 1 : 33% à 66%

nível 2 : 66% à 100%.

4. Atributo NP

nível 0 : 0 ou 1 ocorrência;

nível 1: 2 ocorrência;

nível 2: 3 ou 4 ocorrências.

5. Atributo FG

nível 0: folga em dia útil ou sábado;

nível 1: folga no domingo ou feriado.

4.2. Elaboração das alternativas (cartões)

Cada alternativa utilizada na pesquisa é definida como uma combinação de níveis dos atributos. As alternativas são geradas com auxílio da teoria de projetos de experimentos estatísticos. Conhecendo os atributos e seus níveis partiu-se para a construção de um projeto fatorial. A partir dos níveis dos atributos definidos anteriormente, chegou-se ao seguinte esquema fatorial:

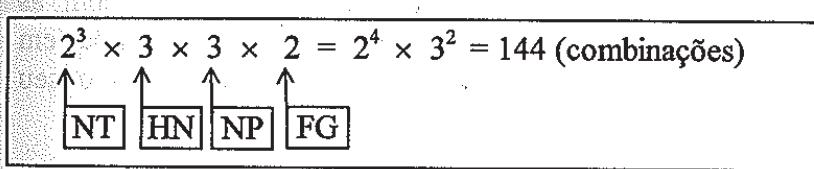


Figura 3 : Estrutura fatorial.

A estrutura fatorial para este experimento apresenta várias combinações. O experimento fatorial completo é do tipo $2^4 \times 3^2$ resultando em 144 combinações possíveis. Considerando um número elevado, utilizou-se o experimento fatorial fracional (2/3) de acordo com Mc Lean e Anderson (1994). Como resultado, obteve-se um conjunto de 12 blocos de cartões, e cada bloco contendo 8 cartões, chegando a um total de 96 cartões diferentes. Para algumas aplicações o número de 8 cartões pode ser considerado muito grande, porém, nesta aplicação este número pode ser aceitável, pois os cartões são ilustrações técnicas que o entrevistado está acostumado a analisar.

4.3. Construção dos cartões

Cada cartão representa uma escala de trabalho (programação) de 6 dias, cuja a configuração foi definida pelo estágio anterior (projeto do experimento). A construção de todos os cartões não é uma tarefa simples de ser realizada manualmente, pois trata-se de um processo combinatorial no

qual um conjunto de regras de formação de escalas deve ser obedecido. Sendo assim, foi implementado uma sistema computacional para gerar os cartões. Milhares de cartões puderam ser gerados, sendo os melhores selecionados pelo pesquisador.

Os cartões foram impressos no padrão no qual os condutores estavam familiarizados a visualizar suas escalas de trabalho. A figura abaixo ilustra esta forma de apresentação dos cartões.

ESCALA DE ATIVIDADES DO MAQUINISTA			
INÍCIO	SEMANA	PREFIXO	TÍTULO DA OCUPAÇÃO
00:00	TER	MIN	TREM DE MÍNÉRIO
22:00	QUA	MAN	MANOBRA
	QUI	CNT	CONTINUAÇÃO
10:00	SEX	CRG	TREM DE CARGA
	SAB	CNT	CONTINUAÇÃO
	DOM	FLG	FOLGA

Figura 4 : Exemplo de um cartão.

4.4. Realização das entrevistas

Nos últimos tempos a rede ferroviária brasileira vem sofrendo um processo de privatização. Devido a esta período de transição, o pesquisador encontrou dificuldades em realizar as entrevistas diretamente com os condutores. Optou-se por conseguinte, em realizar as entrevistas junto a um profissional com experiência no processo de geração e distribuição das escalas de trabalho. O entrevistado recebeu o conjunto de 12 blocos de cartões juntamente com as instruções. A essa pessoa foi dado um período de uma semana para que ordenasse os cartões em ordem decrescente preferência. O entrevistado realizou a ordenação de acordo com o seu conhecimento de preferência dos condutores.

4.5. Calibração dos parâmetros

Como na maioria das aplicações de TPD, neste trabalho foi adotado o modelo de escolha Logit Multinomial, explodido nas suas diversas fases, representadas pelas sucessivas escolhas.

A fim de obter um coeficiente para cada tipo de atividade, o atributo NT foi representado por quatro variáveis:

- T1: número de vezes que a atividade viagem de trem de minério aparece na alternativa;
- T5: número de vezes que a atividade com viagem de trem de carga aparece;
- T2: número de manobras na alternativa;
- T3: número de prontidões na alternativa.

Desta forma, a expressão da função utilidade foi definida da seguinte maneira:

$$U = \beta_{T1} T1 + \beta_{T5} T5 + \beta_{T2} T2 + \beta_{T3} T3 + \beta_{NP} NP + \beta_{FG} FG + \beta_{HS} HS/10 + \beta_{HN} HN \quad (2)$$

Nota-se que existem oito coeficientes que devem ser ajustados. A calibração dos coeficientes da função utilidade neste trabalho foram feitos através da maximização do logaritmo da função verossimilhança. Para obter a solução foi utilizado o clássico método de Newton Raphson vetorial (Ben-Akiva e Lerman, 1985) e o de Hook e Jeeves. Foi implementado um sistema computacional em pascal incorporando estas duas técnicas. Assim, a partir dos dados das entrevistas uma primeira solução foi obtida. Analisando os resultados, verificou-se que o atributo NP não foi estatisticamente significativo. O atributo NP foi, então, eliminado. Uma nova solução foi encontrada para 7 parâmetros, conforme a tabela 1.

Analizando os resultados, verifica-se que o coeficiente β_{HN} (horas noturnas) apresenta o menor valor absoluto da estatística t, mesmo assim, pode-se concluir que este coeficiente é diferente de zero com nível confiança de 99%. O parâmetro estatístico $-2[L(0) - L(\beta)]$, por sua vez, serve para testar a hipótese nula global, de que todos os coeficientes sejam simultaneamente iguais a zero. Esse parâmetro é distribuído assintoticamente segundo uma distribuição Qui-Quadrado, com 7 graus de liberdade.

Tabela 1
Resultado da calibração dos coeficientes

Coeficientes	Valor	Erro assintótico	Estatística t
β_{T1}	-5.4235	0.2831	-19.16
β_{T5}	-5.9182	0.3761	-15.74
β_{T2}	-2.1471	0.1422	-15.10
β_{T3}	-3.0419	0.2260	-13.46
β_{FG}	7.7781	0.5927	13.12
β_{HS}	-12.2412	2.7831	-4.40
β_{HN}	-1.7855	0.5787	-3.09

Estatísticas	
Número de observações	672
Número de casos	2688
$L(0)$	-127.255
$L(\beta)$	-56.947
$-2[L(0) - L(\beta)]$	140.616
ρ^2	0.551
$\bar{\rho}^2$	0.496

4.6. A função utilidade

A partir do resultado apresentado a função utilidade fica da seguinte forma:

$$U = -5.42 T1 - 5.92 T5 - 2.15 T2 - 3.04 T3 + 7.78 FG - 12.24 HS/10 - 1.78 HN \quad (3^{\circ})$$

O atributo HS (horas de trabalho) foi dividido por 10 para se trabalhar com uma escala de valores menor e assim evitar uma instabilidade numérica durante o processo de maximização do método de Newton Raphson.

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
X	<u>a_{T5}</u>		<u>a_{T2}</u>	<u>a_{T1}</u>		X

Atividade	Tipo	Duração (hs)	Início (hs)	Término (hs)
a_{T5}	trem de carga	30 horas	11:00	15:00
a_{T3}	prontidão	6 horas	10:00	16:00
a_{T1}	trem de minério	30 horas	10:00	14:00

$$U = -5.42*1 - 5.92*1 - 2.15*1 - 3.04*0 + 7.78*1 - 12.24*3.8 - 1.78*0 = 52.22$$

Figura 5 : Exemplo de uma aplicação da função utilidade.

O valor numérico fornecido pela função utilidade não tem significado por si só, este valor só se torna significativo quando comparado com os respectivos valores das demais alternativas (escalas). Conhecida a escala de trabalho de cada condutor, ela é dividida em programações (de acordo com as folgas), e então, a função utilidade é aplicada. A utilidade total de cada condutor é dada pela soma das utilidades de cada programação. A figura 5 ilustra uma pequena escala sobre a qual é aplicada a função utilidade.

5. CONCLUSÃO

Diversas aplicações de TPD na área de transporte são encontradas na literatura. Porém, não foi encontrado nenhum trabalho abordando a análise de preferência de condutores com relação a suas escalas de trabalho. Portanto, este aspecto tratado nesta pesquisa pode ser considerado uma contribuição para esta linha de pesquisa.

Nesta aplicação, a entrevista foi realizada somente com um único profissional. Esta experiência não só mostrou a viabilidade desta abordagem como forneceu uma estimativa para a função utilidade real. Uma função utilidade mais realista e confiável estatisticamente, pode ser obtida se aplicada ao conjunto de condutores da empresa, obtendo-se uma amostragem mais expressiva. Talvez, pode-se desejar construir uma função utilidade para cada condutor, partindo da hipótese que cada um deles tenha preferências diferentes. Esta atitude levaria o pesquisador a um esforço bem mais elevado de trabalho.

Não se deve entender os resultados deste trabalho como algo definitivo. A função utilidade obtida foi uma primeira aproximação que deverá ser melhorado futuramente. Este trabalho trata-se de uma metodologia a ser implantada gradativamente.

A aplicação desta metodologia baseada em preferência declarada torna-se importante na medida em que ela possibilita quantificar a carga de trabalho sob o ponto de vista dos condutores, e

assim, atingir um maior equilíbrio de satisfação. Pois, se um condutor fica sobrecarregado, ele não só fica prejudicado e insatisfeito em decorrência de seu cansaço físico e mental, como coloca em risco outras pessoas, o patrimônio da empresa e as metas de produção estabelecidas.

A aplicação da TPD nesta experiência não teria sucesso se considerada isoladamente, ou seja, seria praticamente impossível aplicar a função utilidade se o processo de distribuição das escalas fosse realizado manualmente. Uma grande contribuição deste trabalho reside no fato de unir o modelo matemático de distribuição das escalas e a função utilidade dentro de um sistema computacional. Este sistema não só realiza uma distribuição equitativa em curto espaço de tempo, como também, auxilia o gerente a testar alterações nos planos de trabalho, contribuindo para a sua tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- Ben-Akiva, M. e S.R. Lerman (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The Mit Press, Cambridge, Massachusetts.
- Bodin, L., B. Golden, A. Assad e M. Ball (1983). Routing and scheduling of vehicles and crews. *Computers and Operations Research* 10(2), 144-147.
- Caprara, A., M. Fischetti, P. Toth e D. Vigo (1995a). Models and Algorithms for the Crew Rostering Problem. Technical Report, DEIS, University of Bologna, Italy, pp. 1-25.
- Caprara, A., M. Fischetti e P. Toth (1995b). A Heuristic Algorithm for the Set Covering Problem. Technical Report, DEIS, University of Bologna, Italy, pp. 1-24.
- Carraresi, P. e G. Gallo (1984). A multi-level bottleneck assignment approach to the bus drivers' rostering problem. *European Journal of Operational Research* 16, 163-173.
- Constantino, A. e A. G. Novaes (1996). Construção de escala de serviços de tripulação de trem: um estudo de caso. VII CLAIO (Latin-Iberian-American Congress on Operations Research and System Engineering) e XXVII SBPO (Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional), Rio de Janeiro, Brasil.
- Hensher, D.A. (1994). Stated preference analysis of travel choices: the state of practice. *Transportation* 21, 107-133.
- Kroes, E.P. e R. Sheldon (1988). Stated preference methods: an introduction. *Journal of Transport Economics and Policy* 22(1), 11-25.
- Mc Lean e V.L. Anderson (1994). *Applied Factorial and Fractional Designs*. Marcel Dekker Inc, New York.