
PCV Aplicado à Otimização de Roteamento de Funcionário para Minimizar o Tempo de Exposição ao Ruído no Ambiente de Trabalho

Déborah Aparecida Souza dos Reis*, Jorge von Atzingen dos Reis, Marcus Antonio Viana Duarte.

*Laboratório de Acústica e Vibrações, deborahsreis@gmail.com

Palavras-chave
PCV, otimização, ruído, roteamento

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho é continuidade de uma linha de pesquisa do Laboratório de Acústica e Vibrações da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU, a partir da tese intitulada “Uma metodologia para Avaliação Virtual da Dose de Exposição ao Ruído no Ambiente de Trabalho”. O objetivo é aplicar o PCV (Problema do Caixeiro Viajante) à otimização para roteamento de funcionário, de forma a minimizar o tempo de exposição ao ruído.

Segundo Morais et al (2004), a exposição contínua a um nível elevado de ruído pode gerar estresse físico e psicológico, aumento da pressão sanguínea que ocasionam tensões musculares e lesões auditivas. O ruído reduz o nível de atenção e maximiza o tempo de reação de um indivíduo em relação a estímulos, o que pode ocasionar aumento da quantidade de falhas, acidentes conforme Instituto Nacional de Seguridad (2006).

Costa et al. (2018) avalia o impacto do ruído para docentes da rede pública de ensino. Dessa forma, o ruído acima dos limites estabelecidos pela legislação, nas salas de aula, pode ocasionar problemas psicológicos e comportamentais. Cordeiro (2005) investiga se a exposição ao ruído é fator de risco significativo para acidentes de trabalho. Pode-se concluir que a exposição ao ruído é um fator de risco significativo para acidentes de trabalho.

Reis (2017) em sua dissertação aplica um programa no software Gurobi para classificação dos compressores quanto a rumorosidade para efeito de controle de qualidade e identificação de ruído. Rumorosidade pode ser definida como um som anormal gerado por um equipamento. Fagundes Neto (2017) aponta em sua tese os efeitos nocivos da exposição contínua ao ruído, como o aumento da pressão arterial.

2. DESENVOLVIMENTO E PROCEDIMENTO

Serão utilizados os dados de uma unidade industrial de geração e distribuição de vapor, cuja função principal é a geração de energia, acionando turbos geradores e/ou alimentação de turbo bombas e turbo compressores e preaquecimento de produtos conforme Oliveira Filho (2011). Uma caldeira de grande porte com três plataformas de acesso composta pelas seguintes fontes de ruído: seis queimadores, dois pirômetros, um turbo ventilador de tiragem forçada para admissão de ar, três compressores e o corpo da caldeira. Além destes equipamentos, há na planta industrial outras fontes de ruído, como um desaerador com duas descargas para a atmosfera, uma torre de resfriamento de água composta por duas quedas de água e cinco motos bombas.

Há também um edifício com três pavimentos composto pelos seguintes equipamentos, um turbo gerador, um turbo expensor, duas moto bombas de condensado, um exaustor para o tanque de óleo, dois exaustores de vapor de selagem e tubulações e um parque constituído por três turbo bombas e duas moto bombas. Existe na planta industrial uma área coberta, na qual estão alocados três moto compressores e um edifício de dois pavimentos composto por painéis elétricos e sala de operações. É possível observar na Fig. 1 um esquema acústico simplificado da unidade industrial. As cruzes em vermelho indicam as fontes de ruído descritas.

Para simulação computacional, utilizou-se um computador configurado no Ubuntu 16.04 64 bits, core i5 5200U, 4GB de RAM. Assim, desenvolveu-se um modelo computacional em C++ para a otimização de roteamento de funcionário por meio do PCV (Problema do Caixeiro Viajante) no ambiente Gurobi.

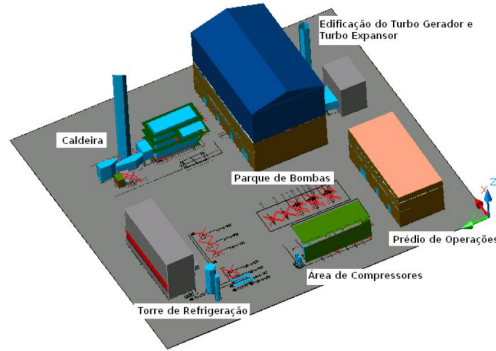


Figura 1: Esquema acústico simplificado da planta industrial de Oliveira Filho (2011)

É possível observar na Fig. 2 o modelo de layout da área estudada. Neste modelo, os círculos correspondem ao campo de ação do funcionário ao realizar manobras e manutenção de máquinas, as linhas vermelhas são os caminhos normalmente utilizados passando por todas as máquinas e a linha azul o caminho de retorno ao biombo de operação, cruzando a planta industrial. A área da malha da Fig. 2 é de 1x1 metro quadrado.

Na primeira fase de testes, Oliveira Filho (2011) considerou uma planta industrial menor, simplificada. Dessa forma, esta estava composta por um biombo de operação (60 dB(A) de exposição máxima ao ruído), 6 moto bombas (90 dB(A) a 1 m de distância), 3 moto compressores (95 dB(A) a 1 m de distância) e 1 turbo expansor (110 dB(A) a 1 m de distância).

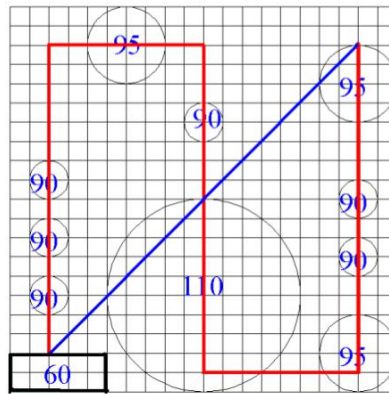


Figura 2: Layout da área estudada de Oliveira Filho (2011)

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) pode ser definido como um veículo que deve visitar todas as cidades e retornando à origem, passando uma única vez em cada cidade e minimizando a distância percorrida (Costa, 2011). Dessa forma, o modelo matemático do PCV é descrito pela Equação 1.

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

A Equação 1 representa a função objetivo a ser minimizada, na qual x_{ij} são os valores de NPS, níveis de pressão sonora, estimados a partir dos níveis de potência sonora, NWS, medidos na planta industrial para cada equipamento considerado no modelo.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (2)$$

Pode-se observar pela Equação 2 uma restrição que garante que o funcionário chegue somente uma vez em cada equipamento da rota.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (3)$$

A Equação 3 é uma restrição que garante que o funcionário saia somente uma vez em cada posto composto por cada equipamento da rota.

$$\sum_{i=1}^n f_{ij} - \sum_{i=1}^n f_{ji} = 1 \quad \forall j \text{ com } j \neq 1 \quad (4)$$

A Equa  o 4   uma restri  o que garante que o fluxo da rota aconteça do n   1 até o n   j, evitando subrotas.

$$f_{ij} \leq (|nós| - 1) x_{ij} \quad \forall i, j \quad (5)$$

A Equa  o 5   uma restri  o que garante o limite do fluxo da rota.

$$\begin{aligned} x_{ij} &\in \{0, 1\} & \forall i, j \\ f_{ij} &\in \mathbb{Z} & \forall i, j \\ f_{ij} &\geq 0 & \forall i, j \end{aligned} \quad (6)$$

A Equa  o 6   uma restri  o que garante que o x seja binário e o fluxo seja inteiro e não negativo.

3. RESULTADOS E CONCLUSÃO

O resultado do trabalho foi a partir dos níveis de pressão sonora estimados obter a rota com menos ruído. Essa rota foi ponto 1, ponto 3, ponto 4, ponto 10, ponto 6, ponto 7, ponto 8, ponto 5, ponto 2, ponto 9, ponto 1. Para este modelo, foi encontrada a exposi  o de ruído máxima de 110.14 dbs, aproximadamente conforme Tab. 1.

Tabela 1: Resultados experimentais para os níveis de pressão sonora estimados com ruído em média

Quantidade de itera��es	216
Rota	9 --> 1 --> 3 --> 4 --> 10 --> 6 --> 7 --> 8 --> 5 --> 2 -->
Maior exposi��o ruído	110.14 dbs
Tempo de processamento	0.04 s
Tolerância	1.00e-04

Dessa forma, foi possível obter uma rota que minimizasse a exposi  o ao ruído para o funcionário da planta industrial.   possível observar na Tab. 1 que foram necessárias 216 itera  es, num tempo de processamento de 0.04 s, com uma tolerância de 1.00e-04. Como continuidade desta pesquisa, pretende-se desenvolver um novo modelo de forma a considerar o caminho mínimo ao invés do ruído para o roteamento e realizar a compara  o dos resultados.

4. AGRADECIMENTOS

  CAPES,   FEMEC e   UFU.

5. REFERÊNCIAS

- Cordeiro, R.; Clemente, A. P. G.; Diniz, C. S.; Dias A. "Occupational noise as a risk factor for work-related injuries". Revista Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu da UNESP, 39(3):461-6, 2005. 6 p.
- Costa, M. T. D.; Martins, E. J.; Rocha, A. C.; Garcia, D. C. N.; Oliveira, I.; Lima, P. P. S.; Silva, V. R. "The Ergonomic impact of noise on public school teachers". Revista Research, Society and Development, ISSN 2525-3409, 2018. 18 p.
- Costa, P. P. "Teoria de Grafos e Suas Aplica  es". Disserta  o de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2011.
- Fagundes Neto, M. G. "Análise de Componentes Independentes Aplicada em Compressores Herméticos Alternativos para Mitiga  o das Fontes de Ruído". Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, "La protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruído". Real decreto 2886/2006, Espanha, 2006.
- Morais, L. R.; Nogueira, R. C. C.; Slama, J. G. "Lógica Fuzzy: Avalia  o de Conforto Ambiental". I Conferência Latino-Americana de Constru  o Sustentável, ISBN 85-89478-08-4, 2004. 9 p.
- Oliveira Filho, R. H. "Uma Metodologia para a Avalia  o Virtual da Dose de Exposi  o ao Ruído no Ambiente de Trabalho". Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.
- Reis, D. A. S. "Análise Discriminante e Otimiza  o aplicadas ao Controle de Qualidade de Ruído de Compressores usando os Softwares R e Gurobi". Disserta  o de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.