

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA A SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE CONSTRUÇÃO – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO NO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS RODOVIÁRIAS

Victor Hugo Barroso Barbosa

Ernesto Ferreira Nobre Júnior

Universidade Federal do Ceará

Departamento de Engenharia de Transportes

RESUMO

Uma das principais características de obras rodoviárias é a forte incidência de equipamentos pesados usados nos serviços de terraplenagem e de pavimentação, que correspondem à maior parcela do orçamento de uma obra desse gênero. Apesar de sua importância, o processo de seleção de equipamentos não é bem definido. Empreiteiras dependem de julgamentos subjetivos baseados em experiências anteriores, e, muitas vezes, não há sequer, nenhum processo de seleção, adotando-se a prática de utilizar em todas as obras os mesmos equipamentos disponíveis. O presente trabalho de dissertação vem contribuir com o preenchimento desta lacuna, tendo como objetivo desenvolver um sistema de apoio à decisão (SAD) para otimizar o dimensionamento das equipes de produção. Espera-se gerar uma ferramenta computacional que possa, a partir das informações de projeto, permitir ao engenheiro escolher os equipamentos mais apropriados para a obra e dimensionar o número ideal de equipamentos, de forma que custos e prazos sejam mínimos.

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário vem sendo e será por muito tempo o principal modo de transporte de cargas e de pessoas no Brasil. Circulam pelas rodovias brasileiras cerca de 60% do total de cargas e 90% dos passageiros (CNT, 2010). Apesar dessa importância, as rodovias do país, no geral, não apresentam condições de trafegabilidade satisfatórias. Espera-se para os próximos anos um grande volume de investimentos em rodovias no país para atender à demanda atual do setor e a exigência de infraestrutura necessária a grandes eventos internacionais que serão sediados no Brasil. Em meio a grandes investimentos públicos, a sociedade brasileira cobra cada vez mais eficiência e controle dos gastos por parte do Governo, exigindo obras de boa qualidade, ao menor custo possível e em prazos reduzidos. Na busca por reduções de custos e prazos, este trabalho surge com a proposta de auxiliar aos tomadores de decisão no processo de planejamento e gestão de obras de infraestrutura, especificamente na seleção de equipamentos de construção para obras rodoviárias.

Segundo Abram (2001), “a principal característica da obra rodoviária é a forte incidência de equipamentos, pouco pesando os materiais e o pessoal”, que decorre da grande contribuição dos serviços de terraplenagem e de pavimentação. Nesse mesmo contexto, Lima (2003) afirma que os serviços de terraplenagem e de pavimentação “são os itens de maior valor na composição do custo total da obra, principalmente devido ao transporte de grandes massas de solo ao longo de, muitas vezes, até milhares de quilômetros numa mesma obra”.

Apesar do forte impacto dos equipamentos sobre a obra, a seleção de equipamentos para a sua execução não é um processo bem definido e necessita de estudos acadêmicos mais aprofundados. Selecionar os equipamentos significa definir, a partir de informações de projeto, tipos, modelos e quantidades, de forma que custos e prazos sejam mínimos. Na prática, porém, a tendência natural das empresas é usar os equipamentos disponíveis, não considerando nenhuma análise de alternativas (Karshenas, 1989). A maioria das empresas depende das experiências obtidas em contratos anteriores, e as decisões são tomadas por uma equipe de profissionais de vários setores (Alkass e Harris, 1988).

Para Ricardo e Catalani (2007), o problema da seleção de equipamentos está na análise de todos os fatores que exercem influência no comportamento dos equipamentos, pois são vários os parâmetros que precisam ser determinados e, além disso, em muitos casos, mais de uma configuração de frota pode atender às condições vigentes, ficando a escolha final ao arbítrio de critérios pessoais, econômicos e de cronograma.

Diante do cenário exposto, identifica-se como problema de pesquisa a falta de métodos eficientes que possam conduzir à escolha da melhor frota de equipamentos para uma dada obra e que sejam baseados somente em critérios técnicos. O que se pretende com esta pesquisa é desenvolver uma ferramenta que permita ao engenheiro avaliar a melhor configuração de equipamentos para realizar os serviços de terraplenagem e pavimentação de uma obra rodoviária, a partir das informações de projeto.

2. OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral desenvolver um sistema de apoio à decisão (SAD) para auxiliar aos tomadores de decisão no processo de seleção de equipamentos de construção para obras rodoviárias. Para a consecução do objetivo geral, será necessário previamente atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) conhecer o estado-da-arte e o estado-da-prática da seleção de equipamentos para obras rodoviárias;
- b) modelar o processo de seleção de equipamentos para obras rodoviárias;
- c) desenvolver uma ferramenta computacional para auxiliar na seleção de equipamentos para obras rodoviárias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Várias ferramentas têm sido utilizadas para aperfeiçoar o processo de planejamento e gestão de obras de infraestrutura, incluindo a etapa de seleção de equipamentos, dentre as quais é possível destacar: pesquisa operacional, teoria das filas, simulação computacional, inteligência artificial, planilhas eletrônicas e *softwares* comerciais. No campo da inteligência artificial, merecem destaque os sistemas especialistas, como aquele desenvolvido por Xie (1997), denominado de EESET (*Earthmoving Equipment Selection and Estimation Tool*). No EESET, o usuário interage com o sistema através de perguntas e respostas, informando dados de projeto. O sistema, então, sugere ao usuário a melhor configuração de frota para dado serviço e estima produtividades e custos de produção.

Vários outros sistemas especialistas podem ser encontrados na literatura quando se trata de seleção de equipamentos, sendo possível encontrá-los também associados a outras técnicas, como simulação computacional: Alkass e Harris (1988); Karshenas (1989); Touran (1990); Amirkhanian e Baker (1992); Haidar *et al.* (1999); e Eldrandaly e Eldin (2006).

Mayfield (2004) desenvolveu uma ferramenta em *Microsoft Excel* para selecionar, a partir de parâmetros de projeto informados pelo usuário e de um banco de dados com vários tipos e modelos de equipamentos, a frota de *scrapers* mais econômica para um dado serviço. Esse sistema, porém, não considera outros tipos de equipamentos.

Outra relevante técnica utilizada é a simulação computacional, como abordou Marzouk (2002) em sua tese de doutorado. Através da simulação, é possível avaliar diferentes cenários nos processos construtivos. A vantagem está em permitir a análise dos impactos decorrentes

das incertezas dos processos construtivos e a antecipação aos eventos que venham a ocorrer durante a execução de uma obra.

4. METODOLOGIA

Inicialmente, está sendo realizada a etapa de revisão bibliográfica, na qual os seguintes tópicos são abordados: operações de movimento de terra; equipamentos para obras rodoviárias; seleção de equipamentos; produtividade de equipamentos; e custos de equipamentos.

Paralelamente, estão sendo coletadas informações com técnicos do meio sobre práticas de seleção de equipamentos, para complementar a revisão bibliográfica. Essas informações serão úteis para a concepção do SAD. A etapa de concepção do SAD consistirá na definição da lógica do mesmo. Serão definidos o modelo a ser implantado em uma ferramenta computacional e os parâmetros de entrada e de saída do SAD. As rotinas para estimar as produtividades de equipamentos serão determinadas nesta etapa. Os métodos de cálculo de produção serão encontrados na literatura. Para compor o banco de dados do SAD, será necessário também realizar a etapa de coleta de dados. Esses dados poderão ser encontrados na literatura, em manuais de fabricantes de equipamentos e em documentos oficiais como o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Para concluir, será necessário realizar um estudo de caso com o objetivo de validar o SAD desenvolvido.

5. RESULTADOS ESPERADOS

A contribuição básica que este trabalho oferecerá ao meio técnico é a determinação da sistemática da seleção de equipamentos de construção. Espera-se que o trabalho permita a compreensão deste processo que não é bem definido e que muito depende do conhecimento de técnicos experientes.

Como resultado prático, espera-se desenvolver uma ferramenta computacional para a seleção de equipamentos de construção. O problema que se busca resolver é como definir a melhor frota de equipamentos para se executar uma dada obra rodoviária, a partir de informações de projeto.

A ferramenta desenvolvida deverá apresentar *interface* baseada em planilhas eletrônicas. O usuário deverá alimentar o sistema com dados de projeto, como dados geotécnicos, dados de topografia do terreno e distâncias de transporte de materiais. A ferramenta deverá estimar a produtividade dos equipamentos para as condições de trabalho informadas pelo usuário. O usuário poderá, então, fazer simulações de diferentes equipes e verificar aquela que melhor lhe atende, testando diferentes tipos e modelos de equipamentos e alterando parâmetros de projetos conforme suas necessidades. O programa dimensionará as equipes e informará custos de produção. A proposta é automatizar o processo de estimativa de produtividades de equipamentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio ao projeto intitulado “Concepção de um Sistema de Apoio à Decisão para o planejamento e gestão de obras de terraplenagem”, processo: 470494/2008-5 do Edital MCT/CNPq 14/2008 – Universal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abram, I. (2001) *Planejamento de Obras Rodoviárias*. Ed. ANEOR, Salvador.

- Alkass, S. e F. Harris (1988) Expert System for Earthmoving Equipment Selection in Road Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.114, n. 3, p. 426-440.
- Amirkhanian, S. N. e N. J. Baker (1992) Expert System for Equipment Selection for Earth-Moving Operations, *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 118, n. 2, p. 318-331.
- CNT (2010) *Pesquisa CNT de Rodovias 2010*. Confederação Nacional do Transporte, Brasília, DF.
- Eldrandaly, R. e N. Eldin (2006) A Knowledge-Based Decision Support System for Scraper Selection and Estimation Cost. *The International Arab Journal of Information Technology*, v. 3, n. 4, p. 337-341.
- Haidar, A.; S. Naoum; R. Howes e J. Tah (1999) Genetic Algorithms Application and Testing for Equipment Selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 125, n. 1, p. 32-38.
- Karshenas, S. (1989) Truck Capacity Selection for Earthmoving. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 115, n. 2, p. 212-227.
- Lima, R. X. (2003) *Logística da Distribuição de Materiais em Pavimentação Rodoviária – Uma Modelagem em Programação Automática*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- Marzouk, M. (2002) *Optimizing Earthmoving Operations Using Computer Simulation*. Tese de Doutorado, Concordia University, Quebec, Canadá.
- Mayfield, J. C. (2004) *An Advisory System for Scraper Selection*. Dissertação de Mestrado, Texas A&M University, College Station, TX, USA.
- Ricardo, H. S. e G. Catalani (2007) *Manual Prático de Escavação - Terraplenagem e Escavação de Rocha*. Ed. PINI, São Paulo.
- Touran, A. (1990) Integration of Simulation with Expert Systems. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 116, n. 3, p. 480-493.
- Xie, T. X. (1997) *Using an Expert System for Earthmoving Equipment Selection and Estimation*. Dissertação de Mestrado, The University of New Brunswick, New Brunswick, Canadá.

Victor Hugo Barroso Barbosa (victorhugo@det.ufc.br)
Ernesto Ferreira Nobre Júnior (nobre@ufc.br)
Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará
Bloco 703 – Campus do Pici S/N. CEP: 60455-760. Fortaleza, CE. Brasil.