

## **UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DO PROCESSO HIERÁRQUICO PARA GERIR E MELHORAR A QUALIDADE DAS ESTRADAS**

**ELISABETE OLIVEIRA DA SILVA<sup>\*1</sup>, ROBSON JOSÉ DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, LUCIANO CAVALCANTE DE JESUS FRANÇA<sup>3</sup>, EDILSON ROBERTO SALES DO NASCIMENTO DUARTE<sup>4</sup>, DAVI RIBEIRO LOPES<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Tecnóloga em Construção de Edifícios, FANOR, Fortaleza-CE. Fone: (85)9973-94951, [elisabetetecnica@gmail.com](mailto:elisabetetecnica@gmail.com).

<sup>2</sup> Dr. Professor Engenharia Florestal, UFPI, Bom Jesus-PI. Fone: (89) 9982-8340, [robson\\_ufpi@yahoo.com.br](mailto:robson_ufpi@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Florestal, UFPI, Bom Jesus-PI. Fone: (89) 99903-8801, [lucianodejesus10@hotmail.com](mailto:lucianodejesus10@hotmail.com).

<sup>4</sup> Professor da FANOR, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3307-4500, [edilsonduartecivil@yahoo.com.br](mailto:edilsonduartecivil@yahoo.com.br).

<sup>5</sup> Tecnólogo em Construção de Edifícios, FANOR, Fortaleza-CE. Fone: (89) 9945-5407, [ecc.contato@gmail.com](mailto:ecc.contato@gmail.com).

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015  
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

**RESUMO** Este trabalho teve como objetivo hierarquizar os defeitos mais importantes encontrados em duas empresas do setor, localizadas nos estados de Minas Gerais e Bahia, onde foram aplicados questionários a engenheiros e professores que atuam na área de estradas florestais. Através destes questionários, foram coletados dados sobre quantidade e severidade de sete defeitos (seção transversal inadequada, drenagem lateral imprópria, corrugação, excesso de poeira, buracos, trilha de roda e perda de agregados) que foram analisados pelo método objetivo denominado Índice de Condição de Rodovias Não Pavimentadas (ICRNP). Com o intuito de garantir uma maior precisão para realizar inferência sobre os defeitos utilizou-se as Redes Neurais Artificiais (RNA's), listando assim por ordem de importância os problemas mais graves que tornam a malha viária intrafegável. Os resultados mostram que 33% dos trechos analisados necessitam de maior urgência para a realização de manutenção atingindo a classificação de muito pobre, o que pode causar empecilhos aos usuários da estrada. Seção transversal inadequada e drenagem lateral imprópria foram os defeitos mais encontrados nas estradas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção, Estrada Vicinal, Gestão.

## **USE OF HIERARCHICAL ANALYSIS OF THE PROCESS TO MANAGE AND IMPROVE THE QUALITY OF ROADS**

**ABSTRACT:** With a view to maintaining and improving roads to be lowered transportation costs, was conducted by questionnaire to experts who are active in the area of roads, a hierarchy of main roads and found defects with the aid of artificial neural networks techniques. Data were collected on the amount and severity of the seven defects (inappropriate cross section, inadequate drainage side, corrugation, dust, potholes, wheel and track loss of aggregate) which were reviewed by an objective method called Unsurfaced Roads Condition Index (ICRNP). The use of artificial neural networks (RNA's), ensured better results, or more precisely to make inferences about the defects in unpaved forest roads. The results show that 33% of the sections examined urgently need to be performed maintenance are classified as very poor. Improper transversal section and inadequate lateral draining were the most important defects.

**KEYWORDS:** Maintenance, Vicinal Road, Management.

## **INTRODUÇÃO**

O setor rodoviário é responsável por mais de 70% das cargas transportadas no Brasil, bem como pela extensão das estradas públicas vicinais (MACHADO et al., 2006). A busca por técnicas

eficientes, que respondem mais rapidamente e de maneira confiável analisando os defeitos nas estradas florestais e visando melhorar a trafegabilidade de nossa malha viária, é crescente. Também aliadas à tentativa de se reduzir os custos do transporte, as pesquisas com Redes Neurais Artificiais se intensificam, buscando encontrar soluções para essas estradas. Mesmo apresentando grande importância econômica e social são poucos os relatos sobre as vias de transporte vicinal, o que leva à necessidade de desenvolvimento de pesquisas visando encontrar alternativas que auxiliem a manutenção e reabilitação dessas rodovias com o emprego racional dos recursos técnicos e financeiros disponíveis advindos da infraestrutura de transportes representando aproximadamente 89% de toda malha rodoviária nacional composta de estradas vicinais das quais, 98% não são pavimentadas (OLIVEIRA et al., 2007). A intervenção em rodovias, para realização de manutenção de maneira preventiva, reduz o custo operacional dos veículos. Para os usuários a ação de melhorar o padrão da estrada é extremamente importante, porque uma estrada conservada e segura é sinal de trafegabilidade com segurança e com menos riscos de problemas nos veículos, reduzindo também custos com logística quando se pensa em transporte de carga quer seja de madeira ou de qualquer produto transportado (OLIVEIRA, 2008).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Segundo Thomas Saaty (1980), a análise de processo hierárquico é uma ferramenta que trabalha em cima de comparação pareada, tomando dois defeitos ou duas variáveis e comparando uma a uma para saber qual é mais importante e assim após realizar todas as combinações possíveis com todas as variáveis acaba resultando em uma ordem que é uma hierarquia de importância, conforme uma escala pré-definida. A utilização da Análise de Processo Hierárquico foi aplicada com intuito de hierarquizar os defeitos nas estradas florestais mostrando a importância de cada defeito e as consequências que poderia levar um defeito na estrada causando outros problemas e com isso obteve-se uma equação hierárquica ou de pesos que é muito importante para se trabalhar com redes neurais artificiais. A utilidade do método realiza-se no processo de tomada de decisões, minimizando suas falhas comparando aos pares os defeitos formando assim uma hierarquia entre os defeitos desde o mais importante até o menos significativo. Com essa comparação de dois a dois defeitos foi aplicado um questionário respondido por pessoas que atuam na área de estradas florestais ou não pavimentadas, onde os mesmos analisaram e escolheram o mais importante, obtendo uma hierarquia de importância e com auxílio da Tabela 1 pode – se chegar a uma equação que representasse a percentagem de cada defeito analisado perante aos outros defeitos. Com a equação dos defeitos que determina a hierarquia de importância dos defeitos têm-se os dados de entrada que são as medidas dos defeitos no campo e os dados de saída que são os pesos, ou seja, cada percentagem de cada defeito multiplicado pela quantidade do problema encontrado em cada unidade amostral com isso entra no programa SNNS (*Stuttgart Neural Network Simulator*) que basicamente busca alcançar eficiência e alta flexibilidade no projeto e aplicação de redes neurais, integrados em um só ambiente de simulação. Essa ferramenta que possui grandes facilidades no que tange a simulação, visualização e também implementação das redes foi possível desenvolver um sistema de gestão de pavimentos de estradas florestais, obtendo o momento mais adequado para entrar com a manutenção da estrada ou de uma unidade que estiver em pior estado de conservação. Entretanto, pela facilidade de uso, compreensão e suporte para diversas plataformas de *hardware* e *software*, fazem dessa ferramenta uma ótima candidata para ser utilizada como instrumento didático em disciplinas introdutórias de redes neurais artificiais e programas de manutenção de estradas (OLIVEIRA, 2008). Foram realizadas medições dos defeitos considerados mais importantes para estradas florestais de duas grandes empresas (denominadas de A e B) do setor florestal, uma localizada na região norte de Minas Gerais e a outra na região norte da Bahia, totalizando 4.000 metros lineares, onde primeiramente foram coletados dados sobre quantidade e severidade dos sete defeitos (seção transversal inadequada, drenagem lateral imprópria, corrugação, excesso de poeira, buracos, trilha de roda e perda de agregados) que foram analisados pelo método objetivo denominado ICRNP por ser o mais aplicado aos defeitos mais importantes motivo pelo qual a escolha deste método. Depois de medidos os defeitos nas estradas florestais em trechos divididos em unidades amostrais de 50 metros cada, usou-se o programa SNNS com base em redes neurais artificiais para gerir melhor o pavimento florestal.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com base nas análises acima é possível chegar a uma equação de importância de defeitos para esse trecho que foi analisado e está localizado na Rodovia Vianna, em Bom Jesus –PI. Os dados apresentados na tabela 3 acima mostram na coluna das médias uma percentagem de importância de cada defeito que é o somatório das multiplicações da quantidade de cada defeito analisado pela percentagem desse problema perante os outros, resultada da ponderação dos defeitos descrita na equação 1.

$$H = 0,29\% \text{ sti} + 0,35\% \text{ dli} + 0,11\% \text{ bu} + 0,10\% \text{ co} + 0,08\% \text{ tr} + 0,04\% \text{ po} + 0,03\% \text{ PA}, \quad (1)$$

onde:

H = Valor dos defeitos ponderados, ou seja, a hierarquia de importância dos defeitos;

sti = Seção Transversal Inadequada;

dli = Drenagem Lateral Imprópria;

tr = Trilha de Roda;

bu = Buraco;

co = Corrugação;

po = Poeira;

pa = Perda de Agregado.

Percebe-se que os defeitos como seção transversal inadequada e drenagem imprópria são os mais significativos nas estradas florestais, pois juntos representam 64% dos problemas encontrados nas estradas florestais avaliadas neste trabalho. A inexistência de um sistema de drenagem na pista de rolamento pode ser verificada facilmente pela presença de valetas cobertas por vegetação, ou entulhos, (existe o sistema de drenagem, no entanto ele não recebe a manutenção devida, pois valetas fazem parte de um sistema de drenagem) provocando empoçamentos não transportando e nem direcionando adequadamente a água, acarretando outros defeitos como afundamento de trilhas de roda, buracos e, com o passar do tráfego, além de contribuir negativamente para a segurança e conforto da viagem interfere diretamente no custo operacional e na governabilidade dos veículos. A seção transversal adequada tem como principal função, não deixar as águas sobre a superfície estradal, permitindo uma drenagem eficiente para os dispositivos de captação e escoamento, impedindo a deterioração da estrada além de evitar aparecimento de outros problemas como afundamento de trilhas de roda, corrugação e buracos, mantendo assim a segurança da pista em questão (OLIVEIRA, 2008). Já problemas como buracos provavelmente são provenientes de uma plataforma mal drenada, podendo ser ocasionada pela falta de abaulamento transversal que com o tempo e passadas das rodas dos veículos piora e forma “panelas” na estrada chegando a impedir completamente o tráfego se não for resolvido rapidamente. O defeito do tipo afundamento de trilha de roda pode ser originado pela deformação permanente do subleito ou camada de revestimento, devido à baixa capacidade de suporte ou quando a drenagem da plataforma é deficiente, e tem uma boa interferência sobre o nível de serventia da estrada e geralmente por serem contínuos ao longo do eixo paralelo da estrada, pode levar também a retenção de água sobre a pista sem contar no desconforto da viagem. O excesso de poeira está muito relacionado ao tipo de solo, ou seja, é um problema mais evidente em estradas com solo argiloso, onde existe uma grande quantidade de material solto na superfície ou onde a ação abrasiva do tráfego solta as partículas aglutinantes dos agregados (OLIVEIRA, 2008). Em estradas de solo arenoso formam-se pequenas nuvens que se assentam rapidamente, não interferindo na visibilidade dos motoristas. Sua causa se deve à abundância de material fino no leito da estrada, que forma nuvens de poeira na época de seca. Na tabela 1 a seguir estão classificadas de acordo com as unidades amostrais, a qualidade das estradas analisadas nas duas empresas em questão.

Table 1. Surveys Results of the companies forest roads.

Empresa	Unidades amostrais	Porcentagem	Classificação
A	01-40	0	Intransitável
		0	Péssima
		10	Muito pobre
		30	Pobre
		17,5	Regular
		42,5	Boa
		0	Muito boa
		0	Excelente
B	41-80	0	Intransitável
		0	Péssima
		32,5	Muito pobre
		17,5	Pobre
		7,5	Regular
		42,5	Boa
		0	Muito boa
		0	Excelente

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, verificou-se que os defeitos de maior ocorrência nas estradas analisadas foram seção transversal inadequada e a drenagem lateral imprópria. O uso de RNA's garantiu resultados mais precisos e confiáveis por se basear na interatividade dos defeitos encontrados, possibilitando a intervenção nos aspectos de maior importância na manutenção das estradas.

## REFERÊNCIAS

- Eaton RA, Gerard S, Cate DW. Rating unsurfaced roads – a field manual of measuring maintenance problems. Special Report. U. S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory. p.87-115, 1987.
- Oda. S. Caracterização de uma rede neural municipal de estradas não-pavimentadas. São Carlos: EESC-USP, 1995. 186p. Dissertação (Mestrado em Transportes).
- Oliveira, RJ. Gestão de pavimentos de estradas florestais com base em redes neurais artificiais. Viçosa: UFV-MG, 2008. 105p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal).
- Oliveira, RJ.; Machado, CC.; Carvalho, CAB.; Lima. DC. Metodologias de previsão de defeitos em estradas florestais e levantamento da malha florestal. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2007. Uberlândia-MG. Anais... Uberlândia, 2007. p. 393-409.
- Santos, AR.; Pastore, EL.; Júnior, FA.; Cunha, MA. Estradas vicinais de terra, Manual técnico para conservação e recuperação. IPT- São Paulo, SP. 1988. 123p.
- Saaty, TL. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York; London: McGraw-Hill c.1980. 287p.