



DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO WEB PARA LOCAÇÃO DE CURVAS HORIZONTAIS EM PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADAS

Eduardo Antônio Maia Valerio¹; Alicia Marillac Teixeira Figueiredo²; Arthur Alves Caldeira³; Marcos Antônio da Silva⁴; Adéliton da Fonseca de Oliveira⁵; Fábio Rodrigues Martins⁶

1 Eduardo Antônio Maia Valerio, Bolsista IFMG, Sistemas de Informação, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG; edumaia909@gmail.com

2 Alicia Marillac Teixeira Figueiredo, Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG

3 Arthur Alves Caldeira, Sistemas de Informação, Escola Estadual Teodomiro Caldeira Leão, Aricanduva - MG

4 Marcos Antônio da Silva, Sistemas de Informação, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG

5 Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus São João Evangelista; adeliton.oliveira@ifmg.edu.br

6 Coorientador: Pesquisador do IFMG, Campus São João Evangelista; fabio.martins@ifmg.edu.br

RESUMO

A construção de estradas desempenha um papel fundamental na conexão entre regiões geograficamente separadas, promovendo uma maior integração econômica, social e cultural entre civilizações. Além de proporcionar acessibilidade, as estradas são essenciais para o desenvolvimento de atividades comerciais e o intercâmbio cultural, facilitando o transporte de pessoas, bens e serviços. Contudo, para que as rodovias possam ser utilizadas de forma segura e eficiente, é indispensável o desenvolvimento de um projeto geométrico adequado. O projeto geométrico de estradas integra as características topográficas de uma região aos parâmetros técnicos de engenharia, como, por exemplo, o raio mínimo das curvas horizontais circulares simples. Esse processo é essencial para assegurar que os condutores possam trafegar com segurança, conforto e previsibilidade, reduzindo a probabilidade de acidentes e otimizando o fluxo de tráfego. Em vista disso, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma aplicação web, compatível com dispositivos móveis, que auxilie no cálculo dos elementos necessários para a locação de curvas horizontais, sejam estas curvas circulares simples ou de transição. Além disso, a aplicação permite a geração automática de cadernetas de locação, onde estão descritas as posições exatas das estacas das curvas, fundamentais para o processo de implantação em campo. Para o desenvolvimento da aplicação, foram utilizadas tecnologias modernas e acessíveis: o *front-end* foi construído com *HTML*, *CSS* e o *framework Bootstrap*, permitindo uma interface amigável e responsiva. Já o *back-end* foi desenvolvido em *PHP*, uma linguagem popular e bem estabelecida, ideal para integração com sistemas de gerenciamento de banco de dados. O armazenamento das informações e cálculos é feito em um banco de dados *MySQL*, garantindo segurança e eficiência na manipulação de dados. O aplicativo web desenvolvido mostra-se promissor tanto para atividades acadêmicas e de ensino, ao facilitar a compreensão dos conceitos de locação de curvas, quanto para uso prático em canteiros de obras, onde pode agilizar o processo de locação de curvas em estradas e rodovias, contribuindo significativamente para a qualidade e eficiência dos projetos de engenharia rodoviária.

Palavras-chave: Projeto geométrico de estradas. Curvas horizontais. PHP. Aplicação Web.

INTRODUÇÃO:

No Brasil, a economia é mais aquecida e os investimentos em infraestrutura concentram-se no eixo Norte-Sul devido à forma e à extensão territorial do país. Nesse contexto, as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste se destacam como fornecedoras de insumos, enquanto a região Sul é responsável por produtos manufaturados. Em contraste, no eixo Leste-Oeste, as trocas são menos estimuladas, o que afeta diretamente o setor de transportes (SENÇO, 2008; MARQUES; FARIA FILHO, 2021).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) exerce um papel fundamental na fiscalização, execução e desenvolvimento da infraestrutura de transportes no Brasil. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), o país possui atualmente 1.720.909 quilômetros de malha rodoviária, dos quais apenas 12,4% são pavimentados, um aumento de 0,28% em relação a 2017 (CNT, 2022; MENDES et al., 2019). Além disso, 9,1% das rodovias estão em fase de planejamento, enquanto 78,5% permanecem sem pavimentação (CNT, 2022). Em termos de qualidade, cerca de 64% das rodovias apresentam falhas na geometria (CNT, 2022). Dada a contínua expansão da malha rodoviária, o aumento

da frota de veículos e a alta ocorrência de falhas geométricas, torna-se essencial o desenvolvimento de novas tecnologias para apoiar profissionais em campo.

A crescente adoção de dispositivos móveis, como smartphones, notebooks, laptops e ultrabooks, tem se intensificado nos últimos anos. O uso dos celulares evoluiu além das funções básicas de realizar e receber chamadas, abrangendo agora aplicações voltadas para a informação e o entretenimento (SILVA; SILVA, 2015; MENDES et al., 2019). No contexto dos projetos geométricos de estradas, a disponibilidade de smartphones com acesso à internet permite que profissionais em campo realizem cálculos básicos de elementos geométricos e locações de pontos do projeto sem a necessidade de enviar dados para o escritório. O uso de softwares educacionais também tem contribuído para o aprimoramento do desempenho de estudantes em escolas e universidades. Entretanto, um desafio recorrente é o alto custo das licenças estudantis (CARRÃO, 2006; MARQUES; FARIA FILHO, 2021). Além disso, muitos desses softwares rapidamente se tornam obsoletos, exigindo investimentos em atualizações constantes.

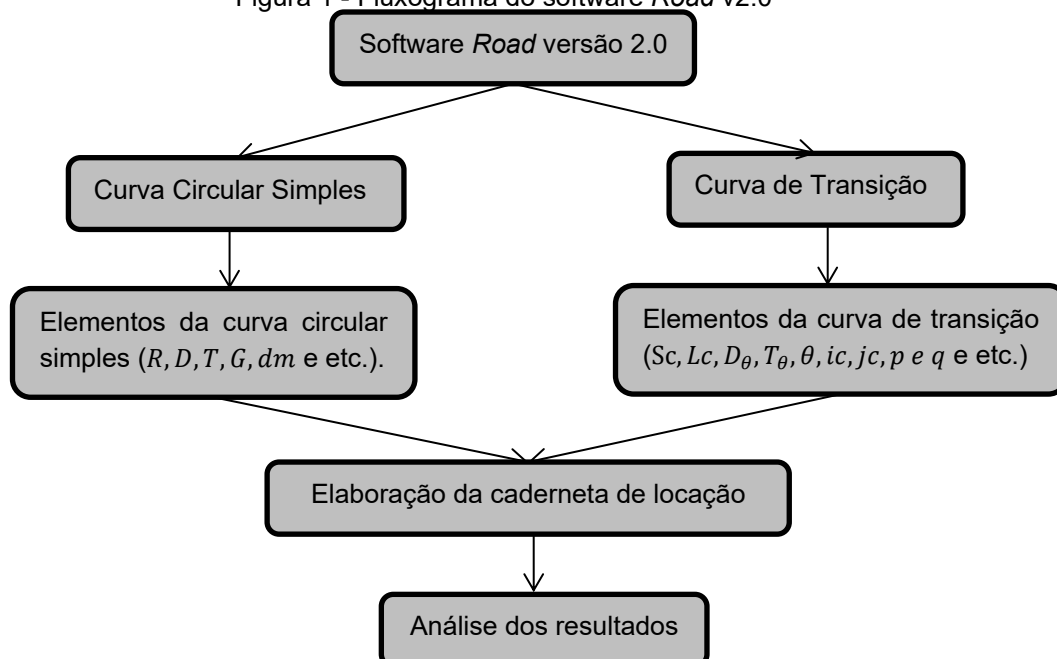
Diante desse cenário, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um aplicativo web capaz de calcular os elementos das curvas horizontais circulares simples e de transição simétrica, bem como elaborar a caderneta de locação com a posição das estacas das curvas a serem implantadas em campo. Os resultados indicam que, além de contribuir para o meio acadêmico, especialmente na disciplina de Estradas para discentes de cursos Técnico em Agrimensura ou Engenharia de Agrimensura, o aplicativo web se mostra uma ferramenta prática e eficiente para profissionais em campo, dispensando a necessidade de processamento de dados em escritório.

METODOLOGIA:

Esta pesquisa refere-se à criação e desenvolvimento de um aplicativo web, denominado Road versão 2.0, que possa auxiliar usuários docentes, alunos e profissionais da área em canteiros de obras a calcularem os elementos das curvas horizontais circulares simples e de transição, assim como construir a caderneta de locação para os pontos das estacas das curvas em campo (Figura 1).

Para atingir o objetivo proposto desta pesquisa, primeiramente foi realizada uma pesquisa exploratória com o levantamento e estudo dos requisitos necessários para calcular as curvas e a elaboração do aplicativo web por meio de livros e artigos científicos. Para o desenvolvimento do aplicativo web, os elementos foram implementados na linguagem PHP, onde foi possível realizar o cálculo dos elementos e criação da planilha de locação das curvas horizontais circulares simples e de transição.

Figura 1 - Fluxograma do software *Road* v2.0



RESULTADOS E DISCUSSÕES:

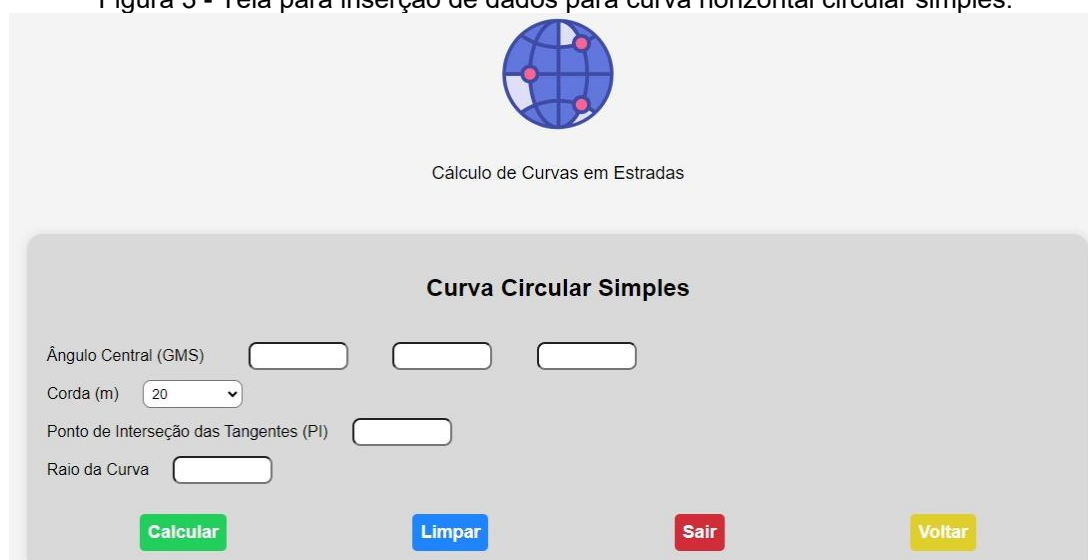
Os dados utilizados nesta pesquisa foram inicialmente extraídos de um levantamento topográfico planialtimétrico de uma rodovia localizada no Instituto Federal de Minas Gerais, campus São João Evangelista. Todos os elementos e a planilha de locação de obras foram desenvolvidos utilizando a linguagem PHP. Posteriormente, foi criado um protótipo da interface do aplicativo web em ambiente computacional, incluindo telas para inserção de dados e exibição dos resultados, como geração de curvas e planilha de locação. Após os testes necessários, o aplicativo web foi concluído. A Figura 2 ilustra a tela para escolha do tipo de curva ser calculada.

Figura 2 - Tela para escolha do tipo de curva simples ou de transição.



Em seguida, após a determinação do tipo de curva a ser calculada, é apresentada ao usuário a terceira tela do aplicativo web, onde são preenchidas algumas informações coletadas em campo, necessárias para determinar os elementos da curva horizontal circular simples. Dentre eles, o ângulo central da deflexão da curva, a corda desejada (5, 10 ou 20 metros), a distância da estaca zero até o PI (Ponto de Intersecção) e por fim, o raio, sendo que este pode ser calculado ou utilizado conforme norma do DNIT (Figura 3).

Figura 3 - Tela para inserção de dados para curva horizontal circular simples.



The screenshot shows a web application interface titled "Cálculo de Curvas em Estradas". At the top center is a globe icon. Below the title, the text "Curva Circular Simples" is displayed. The form contains the following fields and controls:

- Ângulo Central (GMS): Three empty input boxes.
- Corda (m): A dropdown menu with "20" selected.
- Ponto de Intersecção das Tangentes (PI): One empty input box.
- Raio da Curva: One empty input box.

At the bottom of the form, there are four buttons: "Calcular" (green), "Limpar" (blue), "Sair" (red), and "Voltar" (yellow).

Outra opção é a definição pela curva de transição, neste caso o usuário precisa entrar o ângulo central da deflexão da curva, o comprimento da espiral na transição (L_c), a distância da estaca zero até o PI e o raio da curva escolhido (Figura 4).

Figura 4 - Tela para inserção de dados para curva de transição.

Cálculo de Curvas em Estradas

Curva de Transição

Ângulo Central (GMS)

Comprimento da Espiral (LC) m

Ponto de Interseção das Tangentes (PI)

Raio da Curva

Calcular
Limpar
Sair
Voltar

Após inserir as informações básicas para os cálculos dos elementos geométricos, ao clicar na opção calcular será exibida a quarta tela. Desta forma, automaticamente serão disponibilizados ao usuário os elementos geométricos calculados (Figura 5).

Figura 5 - Tela contendo os elementos geométricos calculados e a caderneta de locação para curvas horizontais circulares simples.

Cálculo de Curvas em Estradas

Ângulo em decimal: 45.393 Tangente: 41.824

Cálculo do desenvolvimento da curva: 79.225 Cálculo pc inteiro: 47.000

Cálculo pc quebrado: 18.176 Cálculo da deflexão por metro: 0°17'11"

Est. Inteiras	Est. Fracionadas	Alinhamento	Defl. Parcial	Defl. Total	Corda Corr.
E47	18.176	PC	0	0	0.000
E48	0		0°31'20"	0°31'20"	1.823
E49	0		5°43'46"	6°15'6"	21.822
E50	0		5°43'46"	11°58'52"	41.822
E51	0		5°43'46"	17°42'38"	61.822
	17.402	PT	4°59'6"	22°41'43"	79.221

Voltar

Logo abaixo dos elementos, a caderneta de locação da curva horizontal circular de transição é mostrada, contendo as estacas iniciais e finais, as deflexões parciais e totais e a corda corrigida para o estaqueamento (Figura 6). Da mesma maneira os elementos da curva de transição são calculados para os ramos das espirais e montada a caderneta de locação a partir dos elementos (θ , X_c , Y_c , L_m e ic). No entanto, a caderneta de transição ainda está em fase de implementação em ambiente PHP.



Figura 6 - Tela contendo os elementos geométricos calculados e a caderneta de locação para curvas horizontais de transição.

Curva de Transição						
Elementos da Espiral na Transição			Elementos da Circular na Transição			
Ângulo Central de Transição (Sc): 16.993			Ângulo Central Circular (θ): 21.013			
Q: 30.000			Desenvolvimento circular (D θ m): 37.097			
P: 1.483			Deflexão por m: 0°16'59"			
Tangente externa (Ts m): 83.427			Tangente da Circular na Transição (T θ) 18.759			
Curva Espiral TS - SC						
INT	FRAC	θ	Xc	Yc	L (m)	ic
		0.0000	0.0000	0.0000	0	0
		0.0082	9.9999	0.0275	10	0°9'26"
		0.0330	19.9978	0.2197	20	0°37'45"
		0.0741	29.9835	0.7412	30	1°24'57"
		0.1318	39.9306	1.7554	40	2°31'11"
		0.2060	49.7883	3.4223	50	3°55'55"
		0.2966	59.4744	5.8945	60	5°39'36"

CONCLUSÕES:

A lógica de programação foi esboçada no papel, desta forma foi elaborada a sequência de cálculos. Para a construção do aplicativo web Road versão 2.0, as fórmulas foram convertidas para a linguagem PHP. O aplicativo web permite realizar o cálculo dos elementos geométricos das curvas horizontais circulares simples e de transição e elaboração da planilha de locação do estaqueamento de forma automática. Além disso, a aplicativo pode ser usado no meio acadêmico e também por profissionais em canteiros de obras.

REFERÊNCIAS:

CARRÃO, Eduardo. **Repensar a Informática Educativa: construção de um dispositivo para dar vez e voz aos professores na utilização de softwares educacionais**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho, Portugal, 2006. 527p.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**: relatório gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2019. 232 p. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>. Acesso em: 23 jul. 2024.

MARQUES, Suellem Teixeira; FARIA FILHO, Reynaldo Furtado. Estudo do software livre QGIS no desenvolvimento do projeto geométrico de rodovias. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 8, p. 88-105, 2021.

MENDES, Allyson Tolentino; ROSA, João Afrânio; SOUSA, Vinícius Vieira; SILVA, Juliana Lilis. Aplicativo para cálculo dos elementos planimétricos do projeto geométrico rodoviário. **Revista Perquirere**, v. 16, n. 2, p. 122-138, 2019.

SENÇO, Wlastermiller. **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários**. 1ª ed. São Paulo: Editora PINI, 2008.

SILVA, Mirian Camila; SILVA, Mislene Dalila. Desenvolvimento de um aplicativo de auxílio para localização no Centro Universitário de Patos de Minas–UNIPAM. **Revista Perquirere**, v. 12, n. 2, p. 99-112, 2015.