Modalidade de bolsa - (X) ICG ( )PIBITI ( )PIBIC-EM ( )PIBIC-Af ( )PIBIC

PROJETO DE PESQUISA

1. Título

Software para detecção e mapeamento em tempo real de buracos em rodovias com uso de *smartphones* Android.

2. Resumos dos resultados já obtidos

3. Introdução

A forte dependência do modal rodoviário pelos sistemas logísticos para escoamento de produção, assim como para a circulação de pessoas, denota a vital importância da conservação e manutenção da infraestrutura rodoviária no país (PACHECO, 2011). De acordo com o relatório gerencial da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2015), o modal rodoviário nacional possuí uma participação de 61% na matriz de transporte de cargas, e de 95% na matriz de transporte de passageiros, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do país.

Apesar da sua evidente relevância, os investimentos efetuados nos últimos anos não foram suficientes para proporcionar condições adequadas de segurança e qualidade às rodovias. Dos 1.720.607 km que compõe a malha rodoviária brasileira, apenas 12,4% são pavimentadas, e destas, 57,3% apresentam algum tipo de deficiência, sendo que 48,6% possuí problemas relativos à conservação do pavimento, incluindo o desgaste, trinca em malha, remendos, afundamentos, ondulações, buracos e trechos completamente destruídos (CNT, 2015).

As rodovias, quando deterioradas, ocasionam uma série de implicações socioeconômicas. Para as cadeias logísticas, os defeitos e as irregularidades do pavimento acarretam em maior custo operacional dos veículos que, consequentemente, oneram o escoamento de produtos e seu preço final (PACHECO, 2011). Segundo estudo do CNT (2015), em relação aos entraves logísticos ao escoamento de soja e milho, o Brasil tem prejuízo anual de R$ 3,8 bilhões somente com a exportação desses grãos, devido às condições das rodovias, em particular à deficiência do pavimento. Além disso, os problemas estruturais do modal rodoviário implicam em maiores gastos com manutenção dos veículos, com o consumo de combustível e tempo de viagem, além de afetar a segurança e conforto de seus usuários (CNT, 2015).

Desta forma, a concepção de um software capaz de mapear as coordenadas geográficas correspondentes a essas falhas estruturais, assim como o estado geral da rodovia em função deste tipo de defeito, se mostra interessante a diversos propósitos. Com a disponibilização deste tipo de dado, empresas responsáveis pela manutenção de rodovias podem utilizá-lo como critério para planejamento de futuras manutenções, definindo-se onde e quando realizar, tendo, portanto, maior controle das falhas, ganho na eficiência e redução de custos operacionais (BORGES et al., 2011). Para os motoristas, possibilita a escolha de trajetos com base na qualidade de conservação da rodovia, evitando problemas supracitados. Para as cadeias logísticas, poder-se-iam planejar estratégias de escoamento que não onerassem a produção, acarretando, dentre outras vantagens, o ganho na competitividade.

A aplicabilidade deste tipo de ferramenta se mostra vasta. Entretanto, o mapeamento de todos os tipos de defeitos elencados pelo estudo se mostra dificultoso, uma vez que alguns deles dificilmente seriam detectados por sensores, ou os sensores empregados teriam que ter tamanha sensibilidade, que inviabilizaria sua aplicação. Desta forma, diversos estudos conduzidos para detecção e georreferencimento automático de falhas na pavimentação de rodovias voltaram-se a deficiência mais recorrente e perigosa: os buracos. Entretanto, os trabalhos em torno da temática se mostram escassos, sendo necessário a busca por algoritmos de detecção mais precisos, possíveis combinações algorítmicas,

recurso de auto calibração (MEDNIS et al., 2011), obtenção de coordenadas geográficas mais exatas (CHUGH, BANSAL e SOFAT, 2014), controle no uso de recursos, além da necessidade de se realizar testes com uma amostra maior e mais representativa (AKINWANDE et al., 2015).

4. Objetivos

4.1 Objetivo Geral

Implementar um software para detecção e georreferenciamento (mapeamento) em tempo real de buracos em rodovias utilizando sensores de *smartphones* Android, disponibilizando as coordenadas das detecções realizadas para consulta e através de aplicativo e *website*, permitindo também *download* da base de dados.

4.2. Objetivos Específicos

a) Buscar combinações algorítmicas dos métodos clássicos Z-THRESH, Z-DIFF, STDEV(Z) e G-ZERO para formular um novo algoritmo de detecção, mais eficaz e eficiente que os atuais;

b) Utilizando de artifícios matemáticos, desenvolver recurso de auto calibração para o detector, contornando problemas relacionados as diferentes sensibilidades dos dispositivos, assim como o impacto da suspensão veicular sob o sensor;

c) Reorientar os eixos em tempo de execução, mapeando as coordenadas do dispositivo para coordenadas em função do mundo real, possibilitando assim que o usuário utilize normalmente o dispositivo, sem afetar os dados de detecção;

d) Obter dados de localização mais precisos, com utilização de APIs (Interface de Programação de Aplicações) e recursos para avaliar a acurácia dos valores e sua aplicabilidade;

e) Implementar um serviço Android responsável por toda gerência de recursos, capaz de executar em *background* e permitir vinculação de aplicações;

f) Implementar reconhecimento de atividade de usuário para que o sistema possa iniciar a análise automaticamente, assim que identificar que o dispositivo se encontra em um veículo em movimento;

g) Obter amostras para validação do método desenvolvido a partir das rodovias da cidade de Rio do Sul - SC.

h) Disponibilizar o aplicativo Android para que qualquer pessoa possa contribuir com a base de dados dos buracos mapeados, constituindo uma ferramenta comunitária.

i) Divulgar os resultados da pesquisa em eventos e periódicos científicos.

5. Fundamentação Teórica.

A detecção e georreferenciamento de buracos, quando realizada manualmente por uma pessoa, torna-se cara, lenta, além de comprometer a qualidade dos dados. Portanto, a aplicação de métodos computacionais para realizar a tarefa se torna a opção mais adequada. Ainda de acordo com os pesquisadores, os métodos de detecção de buracos podem ser classificados em: baseados em reconstrução 3D, baseados em visão e baseados em vibração (Kim e Ryu, 2014).

Os métodos baseados em reconstrução 3D realizam a detecção via scanner de laser 3D, *stereo vision* ou sensor Kinect. No estudo conduzido por Chang, Chang e Liu (2005), utilizou-se de um scanner 3D, empregando pulsos de laser refletidos para criar modelos digitais precisos de objetos existentes. Este modelo pode detectar buracos em tempo real, entretanto, seu custo é significativamente alto e depende do campo de visão do sensor que, dependendo da sua localização, pode ser obstruído. No trabalho de Wang (2004), foram empregados métodos com o uso da tecnologia *stereo vision*, sendo posicionada duas câmeras para capturar imagens do pavimento, posteriormente combinadas para estabelecer um modelo tridimensional da superfície analisada. Contudo, este modelo acarreta um alto custo computacional, dificultando seu uso para detecção em tempo real. Além disso, o impacto da superfície ao veículo pode ocasionar vibrações que desalinhem as câmeras e, com isso, afetem a qualidade, a precisão e o resultado da detecção. Joubert et al. (2011) utilizaram do sensor Kinect para detecção de buracos, empregando o infravermelho para análise do pavimento. Da mesma forma que as demais reconstruções 3D, o custo se mostra elevado para aplicação.

Os métodos baseados em visão utilizam de análise de imagens 2D ou vídeo. No estudo de Koch e Brilakis (2011), utilizou-se do modelo de detecção baseado em imagem 2D. No trabalho, segmentou-se as imagens em “com defeito” e “sem defeito”, analisando-se as características geométricas da região classificada em “com defeito”. Buza et al. (2013) empregaram a abordagem de imagem 2D, segmentando a imagem, extraindo a forma a partir de um *clustering* espectral. Enquanto que os modelos de imagem 2D analisam apenas um frame para identificar deficiências no pavimento, o modelo baseado em vídeo analisa vários frames em sequência, combinando informações extraídas de cada um deles. Deste modo, a análise pode ser feita em tempo real, com o uso de uma câmera. No estudo de Lokeshwor, Das e Sud (2013), capturou-se vídeos da superfície da rodovia, segmentando-os em categorias e armazenando-os em uma base. Posteriormente, as imagens desta base foram realçadas, novamente segmentadas, extraindo-se propriedades visuais úteis à detecção e classificação, como textura, forma e dimensão.

Por fim, os métodos baseados em vibração utilizam de acelerômetros para detecção, consistindo da análise das forças aplicadas ao veículo e, consequentemente, ao sensor interno. Este modelo possui as vantagens de requerer menor espaço para armazenamento de dados, possuí melhor custo-benefício, sendo mais adequado para detecções em tempo real. Entretanto, estes métodos não fornecem características completas como as obtidas com métodos baseados em vídeo, como a profundidade, além dos diferentes modelos de carros impactarem de modo particular sob o sensor (KIM; RYU, 2014).

Através da análise dos métodos, observa-se que os modelos baseados em reconstrução 3D assim como os baseados em visão são consideravelmente mais caros que os baseados em vibração. Além disso, dependem de um campo de visão sem interferências em relação ao pavimento e são facilmente afetados por ruídos, que distorcem os dados coletados. Ambos os métodos ainda dependem de uma interferência humana constante, em função da instalação de equipamentos em local apropriado. Desta forma, um modelo baseado em vibração se mostra mais interessante, uma vez que acelerômetros constituem uma opção mais acessível, encontrados atualmente na maioria dos smartphones, permitindo também a detecção em tempo real. Constituindo uma alternativa de baixo custo e eficaz, tem interferência humana mínima para seu funcionamento, utilizando de consideravelmente menos recursos computacionais, e alcançando ainda até 92% de detecções corretas (MEDNIS et al., 2011), enquanto que os demais métodos, como apontados por Kim e Ryu (2014), normalmente possuem uma menor percentagem de acurácia.

Entretanto, devido a popularização dos smartphones ser relativamente recente, os estudos relacionados se mostram escassos e, por vezes, incompletos. Akinwande et al. (2015) apontam a necessidade de se realizar testes com amostras maiores e mais representativas para avaliar a efetividade da detecção de buracos com o modelo baseado em vibração. Burgart (2014) indica a possibilidade de se categorizar os buracos a partir da análise das forças aplicadas, diferenciando as anomalias. Chugh, Bansal e Sofat (2014) apontam em seu estudo a necessidade de tratar o impacto ao sensor da suspensão dos veículos, uma vez que afetam a captura dos dados, gerando diferentes valores de força aplicada para um

mesmo buraco. O trabalho também aponta a necessidade de minimizar erros de localização e, em alguns casos, verificar seu descarte, assim como a possível sobrecarga de rede e *delays* ocasionados por um processamento remoto, sendo, portanto, mais conveniente o processamento local. Nos trabalhos de Garg et al. (2015) e Mednis et al. (2011) é mencionado a necessidade de testar combinações algorítmicas dos métodos clássicos Z-THRESH, Z-DIFF, STDEV(Z) e G-ZERO, além da funcionalidade de auto calibração do dispositivo.

Com base na pesquisa de trabalhos correlatos, foi possível notar também a necessidade da formulação de algoritmos de detecção mais precisos para interpretar os dados do acelerômetro de forma mais confiável; melhorias no georreferenciamento, como tratamento de pontos cegos; reorientação dos eixos do acelerômetro para evitar o comprometimento dos dados, uma vez que mudanças na posição do smartphone modifica os eixos, sendo o plano em função do aparelho e não do mundo real; além da a necessidade do uso eficaz e eficiente dos recursos em função da aplicação em tempo real.

6. Metodologia

a) **Revisão bibliográfica**: a pesquisa será fundamentada em fontes como artigos científicos, livros e monografias acadêmicas sobre os diversos métodos de detecção de buracos em rodovias, com ênfase no método baseado em vibração, além de técnicas de validação de dados de localização para aplicações de tempo real com locomoção, estratégias de reorientação dos eixos de dispositivos Android e recursos para auto calibração.

b) **Estudo sobre os algoritmos de detecção**: estudo de combinações algorítmicas dos métodos clássicos para melhoria da detecção de buracos em rodovias, assim como tratativas de problemas relacionados como auto calibração.

c) **Estudo sobre métodos de reorientação de eixos do dispositivo:** estudo de técnicas empregadas para mapeamento de eixos do sistema de coordenadas de dispositivos Android para o sistema de coordenadas do mundo real, avaliando sua precisão, eficiência e uso de recursos computacionais.

d) **Estudo sobre de dados de localização**: estudo sobre os provedores de localização (Network e GPS), assim como busca de melhor precisão na obtenção dos dados de localização e técnicas para sua validação em aplicações de tempo real com locomoção.

e) **Estudo sobre a plataforma Android**: estudo sobre a arquitetura para a qual será desenvolvido o software. Inclui componentes de aplicação, linguagem nativa para desenvolvimento, dentre outras características.

f) **Implementação**: desenvolvimento do aplicativo para *smartphones* Android, o qual consistirá de um módulo responsável pela detecção e mapeamento de buracos através de dados capturados de sensores como acelerômetro, magnetômetro e gravidade, além da transmissão de dados ao servidor. O aplicativo incluirá interface gráfica para consulta em mapas das detecções. Também será desenvolvido um *website* para disponibilização de dados coletados através da ferramenta.

f) **Coleta de dados e testes**: para validação dos métodos empregados no software, será coletado amostras referentes as rodovias da cidade de Rio do Sul, realizando-se testes para verificar a eficácia e eficiência da detecção e mapeamento da aplicação.

h) **Elaboração de artigos para publicação em eventos e periódicos científicos:** serão elaborados diversos artigos no decorrer do projeto, contextualizando o problema corrente tratado ou recurso desenvolvido**.** Sendo assim, serão produzidos artigos com as seguintes temáticas:

- Estado da arte: métodos baseados em vibração para detecção de buracos em rodovias.
- Avaliação de algoritmos clássicos Z-DIFF, Z-THRESH, G-ZERO e STDEV(Z) para detecção de buracos;
- Técnicas de mapeamento de eixos do sistema coordenadas de dispositivos Android para sistema de coordenadas do mundo real.
- Técnicas de validação de dados de localização para aplicações de tempo real com locomoção.
- Aplicação para detecção e georreferenciamento em tempo real de buracos em rodovias com uso de smartphones Android.

7. Impacto econômico e social na resolução de problemas locais e regionais

As deficiências estruturais do pavimento, especialmente os buracos, afetam rodovias de todos os países no mundo. Desta forma, o impacto gerado pela disponibilização de uma aplicação capaz de identificar e mapear automaticamente essas deficiências, disponibilizando seus dados para consulta, não se limita a região ou país. A pesquisa, por sua vez, gera grande contribuição cientifica, aprimorando os métodos de detecção de buracos, técnicas de reorientação de eixos e estratégias de validação de dados de localização. Além disso, o recurso de auto calibração proposto é inovador, uma vez que inexiste funcionalidade similar.

Dentre aos impactos socioeconômicos locais, regionais e nacionais gerados pela aplicação, pode-se listar:

- Empresas responsáveis pela manutenção de rodovias podem utilizar os dados da aplicação como critério para planejamento de futuras manutenções, definindo-se onde e quando realizar, tendo, portanto, maior controle das falhas, ganho na eficiência e redução de custos.
- Aos motoristas, estes dados possibilitam a escolha de trajetos com base na qualidade de conservação da rodovia, evitando problemas como gastos com manutenção dos veículos, com o consumo de combustível e tempo de viagem, insegurança e desconforto de seus usuários.
- Para as cadeias logísticas, poder-se-iam planejar estratégias de escoamento que não onerassem a produção, acarretando, dentre outras vantagens, o ganho na competitividade.

8. Proposta de transferência do conhecimento desenvolvido para o Arranjo Produtivo Local.

Os resultados serão disponibilizados através da aplicação Android e *website* para consulta dos buracos detectados e suas respectivas coordenadas geográficas, além de índice referente ao estado geral da rodovia. Os dados serão disponibilizados para todas as instituições, empresas e órgãos públicos e não governamentais que desejem consultá-los.

9. Processo de Inovação
(X) Inovação Tecnológica
(X) Tecnologia Social

A pesquisa proposta compreende tanto inovação tecnológica quanto formulação de tecnologia social. A inovação tecnológica se dá pelo desenvolvimento de uma aplicação ainda não existente, além da contribuição cientifica do aprimoramento dos métodos de detecção de buracos, técnicas de reorientação de eixos e estratégias de validação de dados de localização, técnicas estas que podem ser utilizadas futuramente em aplicações diversas. Quanto a tecnologia social, a aplicação possui o intuito de auxiliar a identificação de determinada falha estrutural no pavimento, de forma que esses dados podem ser utilizados para diversos propósitos, conforme indica a seção 7.

10. Impacto no desenvolvimento institucional e do aluno

A pesquisa proporcionará ao acadêmico aplicação prática dos conhecimentos obtidos em sala de aula, auxiliando na sua produção científica e no seu desenvolvimento profissional. Os resultados obtidos, juntamente com as aplicações desenvolvidas proporcionarão visibilidade à instituição, uma vez que a pesquisa trata de problemas socioeconômicos de ordem local, regional e mundial.

11. Expectativa do projeto na geração de propriedade intelectual

(X) Sim
( ) Não

O projeto envolverá o desenvolvimento de novos métodos para detecção de buracos, para validação de dados de localização e formulação estratégias otimizadas de reorientação de eixos. Além disso, resultará em um *software* final para dispositivos Android e *website*.

12. Quantidade e justificativa do número de bolsas solicitadas

Quantidade	Justificativa
(X) Uma	Auxílio ao acadêmico para desenvolvimento da pesquisa.
( ) Duas	

13. Plano de atividades a serem realizadas pelo aluno Jeferson Menegazzo

Nº	Atividades planejadas	2016					2017						
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
01	Revisão bibliográfica: aprofundamento teórico, a partir de referências que tratem dos seguintes assuntos: métodos de detecção de buracos em rodovias, técnicas de validação de dados de localização para aplicações de tempo real com locomoção e estratégias de reorientação dos eixos de dispositivos Android.	X											
02	Elaboração de artigo referente ao estado da arte dos métodos baseados em vibração para detecção de buracos em rodovias.		X										
03	Estudo sobre os algoritmos de detecção baseados em vibração.			X									
04	Elaboração de artigo referente a avaliação de algoritmos clássicos Z-DIFF, Z-THRESH, G-ZERO e STDEV(Z) para detecção de				X								

	buracos.												
05	Estudo sobre de dados de localização e seus provedores e API's relacionadas.					X							
06	Elaboração de artigo referente a técnicas de validação de dados de localização para aplicações de tempo real com locomoção.						X						
07	Estudo sobre a plataforma Android.							X					
08	Implementação da aplicação para dispositivos Android e *website*.								X				
09	Elaboração de artigo referente as técnicas de mapeamento de coordenadas de dispositivos Android para coordenadas do mundo real.									X			
10	Coleta de dados e testes.										X		
11	Elaboração de artigo referente a aplicação desenvolvida para detecção e georreferenciamento em tempo real de buracos em rodovias com uso de smartphones Android.											X	X

14. Identifique as parcerias e/ou convênios que compõem o projeto, se houver

15. Orçamento Detalhado e Financiamento – com indicação da contrapartida do IFC

O projeto não necessita de compra de materiais ou pagamentos a terceiros.

16. Descrever a infraestrutura existente para a execução do projeto.

- IFC – Campus Rio do Sul (Unidade Urbana): laboratórios de informática.
- Computadores com acesso a bases de dados científicas.
- Biblioteca.

17. Limitações e Dificuldades

O projeto não apresenta limitações ou eventuais dificuldades.

18. Referências

AKINWANDE, V. et al. Automatic and real-time Pothole detection and Traffic monitoring system using Smartphone Technology Automatic and real-time Pothole detection and Traffic monitoring system using Smartphone Technology**.** In: **International Conference on Computer Science Research and**

Innovations (CoSRI 2015), n. August, 2015.

BORGES, P. d S. et al. Embedded System for Detecting and Georeferencing Holes in Roads. **IEEE Latin America Transactions**, v. 6, n. 9, p. 921-925, 2011.

BURGART, S. **Gap Trap: A Pothole Detection and Reporting System Utilizing Mobile Devices**. 2014. Disponível em: < https://www.cs.umd.edu/sites/default/files/scholarly_papers/ Burgart.pdf>. Acesso em: 29 abril 2016.

BUZA, E., OMANOVIC, S.; HUSEINNOVIC, A. Stereo vision techniques in the road pavement evaluation. In: **Proceedings of the 2nd International Conference on Information Technology and Computer Networks**. 2013. p. 48-53.

CHANG, K. T.; CHANG, J. R.; LIU, J. K. Detection of pavement distresses using 3D laser scanning technology. In**: Proceedings of the 2005 ASCE international conference on computing in civil engineering**. 2005. p. 12-15.

CHUGH, G.; BANSAL, D.; SOFAT, S. Road Condition Detection Using Smartphone Sensors: A Survey. **International Journal of Electronic and Electrical Engineering**, v. 7, n. 6, p. 595-601, 2014.

CNT - Confederação Nacional do Transporte (2015). **Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de Rodovias 2015**. Disponível em:<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial >. Data de acesso: 24 de abril de 2016.

GARG, S. et al. RIPD: Route Information and Pothole Detection**. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering**. v. 4, n. 12, p. 194–197, 2015.

JOUBERT, D. et al. Pothole tagging system. In: **Proceedings of the 4th Robotics and Mechatronics Conference of South Africa**. 2011. p. 1-4.

KIM, T.; RYU, S-K. Review and analysis of pothole detection methods. **Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences**, v. 5, n. 8, p. 603-608, 2014.

KOCH, C.; BRILAKIS, I. Pothole detection in asphalt pavement images. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 3, p. 507-515, 2011.

LOKESHWOR, H.; DAS, L. K.; SUD, S. K. Method for automated assessment of potholes, cracks and patches from road surface video clips. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 104, p. 312-321, 2013.

MEDNIS, A. et al. Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In: **Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS)**, **2011 International Conference on**. IEEE, 2011. p. 1-6.

PACHECO, H. M. **Avaliação de patologias em pavimentos rodoviários e suas soluções corretivas**. 2011. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2011.

WANG, K. CP. Challenges and feasibility for comprehensive automated survey of pavement conditions.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

In: **Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering. Eighth International Conference**. 2004. p. 531-536.