

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL DE
APLICATIVO COLABORATIVO DE GERENCIAMENTO DE
PAVIMENTOS URBANOS**

LARA LOUISE SILVA

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL DE APLICATIVO
COLABORATIVO DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS
URBANOS**

LARA LOUISE SILVA

Trabalho de curso apresentado, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde.

Orientador: Doutor Philippe Barbosa Silva

Rio Verde, GO
Abril – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SSI586 Silva, Lara Louise
Proposta de um Modelo Conceitual de Aplicativo
Colaborativo de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos
/ Lara Louise Silva; orientador Philippe Barbosa
Silva . -- , 2022.
41 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil
) -- Instituto Federal Goiano, Campus , 2022.

1. Manifestação patológica. 2. Pavimento urbano. 3.
Sistema de gerência de pavimento. 4. Notação business
process model and notation. I. Silva , Philippe
Barbosa , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Lara Louise Silva

Matrícula: 2017102200840232

Título do Trabalho: Proposta de um modelo conceitual de aplicativo colaborativo de gerenciamento de pavimentos urbanos.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 27/04/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 20/04/2022



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Philippe Barbosa Silva

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2022 - CCBEC-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos oito dias do mês de abril de dois mil e vinte e dois, às quatorze horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Philippe Barbosa Silva (orientador), Prof. Dr. Flávio Hiochio Sato (membro interno) e Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro (membro externo), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado “**Proposta de um Modelo Conceitual de Aplicativo Colaborativo de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos**” da estudante **Lara Louise Silva** (Matrícula nº 2017102200840232) do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, em que o orientador também assina em nome do membro externo.

Rio Verde, 08 de abril de 2022.

(Assinado Eletronicamente)

Philippe Barbosa Silva

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Flávio Hiochio Sato

Membro Interno

(Assinado Eletronicamente)

Rogério Lemos Ribeiro

Membro Externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Flavio Hiochio Sato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/04/2022 16:17:27.
- **Philippe Barbosa Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/04/2022 16:10:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 380907
Código de Autenticação: 88d058e018



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

LARA LOUISE SILVA

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL DE APLICATIVO
COLABORATIVO PARA AUXILIAR O SISTEMA DE
GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 08 de abril de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Flávio Sato
Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Philippe Barbosa Silva
Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

Rio Verde, GO

Abril, 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos por todo apoio que sempre me deram durante o período da faculdade. À minha mãe Maria Itelvina da Silva, que me deu suporte para continuar me dedicando aos meus estudos, ao meu pai Nilton Divino da Silva, por me apoiar nessa jornada, as minhas tias Izilene Luiza, Zélia Aparecida e Divina Aparecida por sempre estarem presentes nos momentos difíceis e aos meus avôs Teresinha Luiza e Paulo Borges por serem meus segundos pais desde que nasci.

Sou grata também aos meus amigos Henrique Carvalho Ferreira, Gisele da Silva Vilalba, Vanessa Mesquita, Amanda Grotto e Eduardo Santos por serem meus fieis companheiros durante todos os longos anos da faculdade, me auxiliando sempre que precisei, sem vocês a jornada até aqui seria quase impossível.

Agradeço a todos os meus professores por me proporcionarem o conhecimento e por se dedicarem para contribuir com a minha formação.

Por fim, deixo um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Doutor Philippe Barbosa da Silva pelo incentivo e dedicação em todo esse período de elaboração do trabalho de conclusão de curso.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Natural da cidade de Piracanjuba-GO, filha de Nilton Divino da Silva e Maria Itelvina da Silva. Graduando em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Em 2020 começou uma iniciação científica remunerada intitulada como “Método expedito de inspeção de superfície de pavimentos com uso de imagens”, percebendo durante a execução do trabalho a possibilidade do uso de imagens na identificação de manifestações patológicas nas superfícies dos pavimentos, o trabalho recebeu, durante o congresso Rio de Transportes, a primeira colocação na categoria pesquisas em andamento quando tinha apenas 6 meses de execução. Logo, com base nessa vivência despertou-se a vontade de continuar pesquisando a área de pavimentação, especificamente na identificação de defeitos. Buscando, por meio da apresentação desse trabalho, a conclusão do bacharel em engenharia civil.

ÍNDICE GERAL

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
3 CONCLUSÃO GERAL	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO UNICO	
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO LITERÁRIA	18
2.1 Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos	18
2.2 Aplicativos ou Sistemas de Gestão desenvolvidos para auxiliar os Governos	21
2.3 Business Process Model and Notation (BPMN).....	23
2.4 Verificação normativa para detecção de patologias nas superfícies dos pavimentos	25
3. METODOLOGIA	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Usuários de internet por área12

CAPÍTULO ÚNICO – Proposta de um modelo conceitual de aplicativo colaborativo de gerenciamento de pavimentos urbanos.

Figura 1. Componentes básicos de um SGP 19

Figura 2. Elementos de um BPMN. 24

Figura 3. Fluxograma da Metodologia. 27

Figura 4. Visão geral do funcionamento do aplicativo. 28

Figura 5. Ilustração dos defeitos comuns na superfície dos pavimentos. 29

Figura 6. Fluxo de notificação da manifestação patológica. 30

Figura 7. Fluxo de plano de ação e programação de prioridades. 31

Figura 8. (A) Mapa de Manifestação Patológica. (B) Demarcação da área com raio de 200 metros. 32

Figura 9. Definição dos trechos analisados. 33

Figura 10. Sugestão para interface do Aplicativo. 36

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

BPD	<i>Bussiness Process Diagram</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPF	Índice de Gravidade Global Expedito
IES	Índice do Estado da Superfície do Pavimento
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IP	Índice de prioridade
IRI	Índice de Irregularidade Internacional
OMG	<i>Object Management Group</i>
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
SGPU	Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos
SGP	Sistema de Gerenciamento de Pavimentos

RESUMO

SILVA, LARA LOUISE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, dezembro de 2020. **Proposta de um modelo conceitual de aplicativo colaborativo para auxiliar o sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos.** Orientador: Philippe Barbosa Silva.

Os pavimentos são bens públicos de grande valor que influenciam na qualidade de vida da população. Através desses garante-se mobilidade, segurança e rapidez nos deslocamentos dentro das cidades. No entanto, o Brasil não possui programas de acompanhamento da condição dos pavimentos urbanos, principalmente devido à falta de recursos para obtenção de informações sobre os trechos construídos, o que colabora para que grande parte desses se encontrem fora dos padrões desejados. Logo, a pesquisa tem como objetivo geral mapear os processos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com base na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), a fim de detectar manifestações patológicas nos pavimentos urbanos. Em suma, o desenvolvimento da metodologia consistiu na análise dos processos necessários para a aplicação de Sistemas de Gerenciamento de Pavimento Urbano (SGPU), por meio de revisão bibliográfica e posterior criação de fluxogramas dos procedimentos estruturados para o funcionamento do sistema em termo de captura, armazenamento de dados e interface do usuário. Dessa forma os fluxogramas elaborados descrevem as atividades, eventos e decisões de acordo com a etapa de cada processo, onde as tarefas necessárias na obtenção das informações sobre as patologias (localização, imagens e descrição) e análise dessas (através da adaptação da norma da ABNT NBR 008:2003 – PRO) foram detalhadas para auxiliar o desenvolvimento do aplicativo, proporcionando a obtenção de informações úteis na tomada de decisão dos gestores de pavimentos urbanos quanto a manutenção ou reparação dos defeitos existentes. Logo, a partir da aplicação do modelo proposto, os cidadãos poderiam colaborar com a preservação dos pavimentos de forma indireta, além de obter informações acerca das atitudes tomadas para correção do defeito reportado em até 15 dias, possibilitando uma comunicação direta com as prefeituras, e um melhor investimento dos recursos disponíveis para manutenção e restauração dos pavimentos.

Palavras-chaves: Manifestação Patológica, Pavimento Urbano, Sistema de Gerência de Pavimento, Notação Business Process Model and Notation.

ABSTRACT

SILVA, LARA LOUISE. Federal Institute of Education, Science, and Technology of Goiás – Campus Rio Verde – GO, December 2020. **Proposal of a conceptual model of a collaborative application to assist the urban pavement management system.**

Advisor: Philippe Barbosa Silva.

Pavements are public goods of great value that influence the quality of life of the population, through which mobility, safety, and speed in displacements within cities are guaranteed. However, Brazil does not have programs to monitor the condition of urban pavements, mainly due to the lack of resources to obtain information about the constructed sections, which contributes to the fact that most of these are outside the desired standards. Therefore, the research has the general objective of mapping the processes necessary for the development of a collaborative application based on the Business Process Model and Notation (BPMN), to detect pathological manifestations in urban pavements. In short, the development of the methodology consisted of the analysis of the processes necessary for the application of Urban Pavement Management Systems (SGPU), through bibliographic review and subsequent creation of flowcharts of structured procedures for the operation of the system in terms of capture, data storage, and user interface. In this way, the flowcharts elaborated describe the activities, events, and decisions according to the stage of each process, where the tasks necessary to obtain information about the pathologies (location, images, and description) and analysis of these (through the adaptation of NBR 008/ 2003 – PRO) were detailed to help the development of the application, providing useful information in the decision-making process of urban pavement managers regarding maintenance or repair of existing defects. Therefore, from the application of the proposed model, citizens could collaborate with the preservation of pavements indirectly, in addition to obtaining information about the actions taken to correct the defect reported within 15 days, allowing direct communication with the city halls, and better investment of available resources for pavement maintenance and restoration.

Keywords: Pathological Manifestation, Urban Pavement, Pavement Management System, Notation Business Process Model and Notation.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados obtidos pelo IBGE (2019) a maior parte da população brasileira, cerca de 84,72%, reside em áreas urbanas, reflexo de um intenso processo de êxodo rural causado pela mecanização agrícola a partir da década de 1970, que colaborou para o surgimento de grandes centros metropolitanos.

Esse desenvolvimento rápido e de forma não planejada trouxe problemas urbanos para as cidades, que de acordo com Nascimento e Fiori (2019) lidam com dois grandes desafios diários: aumentar a qualidade de vida dos seus atuais moradores e fornecer eficiente infraestrutura urbana e serviços públicos a fim de acomodar seus futuros habitantes.

Logo, as prefeituras enfrentam muitos desafios em sua gestão, sendo necessário se adaptar as novidades da era do conhecimento e globalização, para garantir um melhor investimentos dos recursos financeiros disponíveis, e promover qualidade de vida a população. Concomitante a isso, de acordo com Medeiros e Guimarães (2006) os cidadãos querem, cada vez mais, ter acesso as ações do governo, e por isso a internet e a tecnologia vem se tornando um potencial veículo de aproximação, que faz com que o governo fique cada vez mais digital e consequentemente mais próximo da população.

No entanto um governo com serviços digitais só beneficia as pessoas que possuem capacidade de acesso adequado a internet para usufruir das funcionalidades ofertadas, o que de acordo com a pesquisa do Comitê Gestor da Internet no Brasil CGI.br (2019) torna-se cada vez mais possível, já que o número de domicílios brasileiros com acesso à internet chegou a 50,7 milhões, e o número de usuários de internet por área vem crescendo a cada ano como pode ser observado na Figura 1.

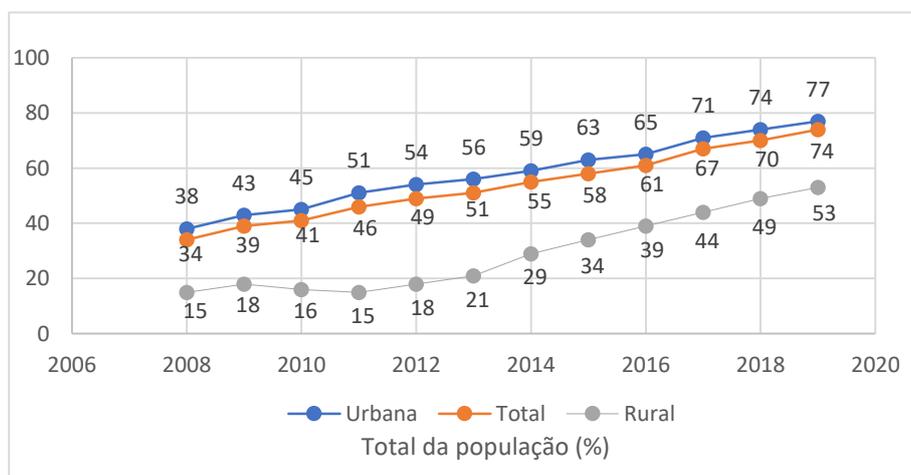


Figura 1. Usuários de internet por área. **Fonte:** TIC Domicílios (IBGE, 2019).

A pesquisa do CGI.br (2019) também mostrou que cerca de 80% da população com mais de 10 anos possuía ao menos um celular para uso pessoal, e dentre essas, 91% tinha condições de acesso à internet através do aparelho. Quanto a digitalização da administração pública apontou-se que 68% dos usuários da internet com mais de 16 anos já utilizaram os serviços públicos online para realizar serviços relacionados aos direitos do trabalhador, previdência, impostos, taxas e documentos pessoais.

Logo, é notório o crescente potencial para o uso das tecnologias na administração do governo, principalmente aquelas relacionadas aos dispositivos móveis, como descrito por Lara, Gosling e Rodrigues (2018), em sua pesquisa, afirmando que o governo eletrônico tem ganhado mais espaço através do governo eletrônico móvel ou *m-Gov (Mobile Government)*, com a utilização das tecnologias de informação voltadas para a prestação de serviços públicos por meio de plataformas móveis como celulares, smartphones, *palms*, personal digital, *assistant (PDA)* e *tablet*.

Por isso, as plataformas eletrônicas podem ser utilizadas para auxiliar a prefeitura no planejamento das suas ações e conservação do espaço urbano, podendo ser aplicada no gerenciamento de pavimentos urbanos, que é um dos maiores desafios atuais. Shoji (2018), afirma que os pavimentos são bens públicos de elevado valor, que na maioria das vezes não possuem os recursos financeiros suficientes para manter a rede em condição acima do nível mínimo de aceitação pelos usuários.

Além disso, o Brasil não possui um programa de acompanhamento da evolução da condição dos pavimentos desde a sua construção, nem um planejamento rigoroso de conservação e preservação das redes viárias durante sua vida útil (SHOJI, 2018). Realidade que acaba contribuindo para que as ações de manutenção da superfície do pavimento aconteçam apenas quando as patologias já estão em níveis críticos, comprometendo a segurança, causando desconforto aos usuários e aumentando os custos relacionados a operação dos veículos.

Por isso, uma das formas de melhorar a condição dos pavimentos urbanos e conservar o patrimônio público é através do desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU), que de acordo com Zanchetta (2017) tem a sua elaboração baseada em algumas necessidades mínimas como: uma equipe motivada e preparada, equipamentos para avaliação em campo e análise de dados, inventário das vias, avaliações em campo para identificar as manifestações patológicas nos pavimentos e a realimentação dos dados.

Logo, dentre os desafios existentes para a criação de um bom SGPU no Brasil, está a necessidade de catalogar os pavimentos e conhecer suas condições presentes, criando um banco

de dados confiável e realista, que possibilite o planejamento das ações de manutenção necessárias. Por isso o objetivo da pesquisa é mapear os processos necessários, utilizando a metodologia do *Process Model and Notation*, para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com a finalidade de agilizar o processo de detecção de problemas nos pavimentos urbanos, que possa ser utilizado pela população através de aparelhos móveis com a finalidade de detectar defeitos nos pavimentos urbanos a partir de dados proporcionados pela população.

Destarte, a comunidade será capaz de reportar as autoridades competentes sobre as patologias existentes nos pavimentos urbanos, com a maior quantidade de informações possíveis, facilitando as avaliações em campo e possibilitando uma frequente realimentação dos dados, gerando benefícios para os municípios em geral. Esse facilitará o trabalho dos gestores de pavimentos urbanos permitindo avaliações em campo mais precisas e uma frequente realimentação dos dados do inventário criado.

2 OBJETIVOS

Geral

O Objetivo principal desse trabalho foi mapear os processos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com a finalidade de detecção de patologias nos pavimentos urbanos.

Específicos

- I. Desenvolver diagramas de processos capazes de fornecer ao usuário final dados sobre problemas nas superfícies do pavimento.
- II. Mapear os processos de forma detalhada para orientar na elaboração de um futuro *software*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.br) (2020) **Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação no Brasil: pesquisa TIC Domicílios, ano 2019: Relatório de Coleta de dados**. São Paulo: CGI.br.

IBGE – INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LARA, R. D.; GOSLING, M.; RODRIGUES, I. F. Mobile government: uma análise dos aplicativos estaduais como mediadores do relacionamento entre os cidadãos e os governos estaduais. **Revista do Serviço Público**, v. 69, n. 2, p. 63–89, 2018.

MEDEIROS, P. H. R.; GUIMARÃES, T. DE A. A institucionalização do Governo Eletrônico no Brasil. **RAE- Revista de Administração de Empresas**, v. 46, p. 13, 2006.

NASCIMENTO, F. P. DO; FIORI, M. DE O. S. Os direitos humanos ligado ao desenvolvimento das cidades brasileiras. **Revista Inclusiones**, v. 6, p. 21, 2019.

PANTIGOSO, J. F. G. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços**. [s.l.] Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1998.

SHOJI, E. S. Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades brasileiras de médio porte. 24 mar. 2018.

ZANCHETTA, F. **Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica**. São Carlos: Universidade de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2017.

CAPÍTULO ÚNICO

(Normas de acordo com a revista Transportes)

Proposta de um modelo conceitual de aplicativo colaborativo de gerenciamento de pavimentos urbanos.

Proposal of a conceptual model for a collaborative application for urban pavement management.

RESUMO

Os pavimentos são bens públicos de grande valor que influenciam na qualidade de vida da população, no entanto, o Brasil, não possui programas de acompanhamento da condição dos pavimentos urbanos, principalmente devido à falta de recursos para obtenção de informações sobre os trechos construídos. Logo, a pesquisa tem como objetivo geral mapear os processos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com base na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), a fim de detectar manifestações patológicas nos pavimentos urbanos. Em suma, o desenvolvimento da metodologia consistiu na análise dos processos necessários para a aplicação de Sistemas de Gerenciamento de Pavimento Urbano (SGPU), por meio de revisão bibliográfica e posterior criação de fluxogramas dos procedimentos estruturados para o funcionamento do sistema em termo de captura, armazenamento de dados e interface do usuário, definindo as tarefas necessárias na obtenção das informações sobre as patologias (localização, imagens e descrição) e análise dessas (através da adaptação da NBR 008/2003 – PRO). Logo, a partir da aplicação do modelo proposto os cidadãos poderiam colaborar com a preservação dos pavimentos de forma indireta, além de obter informações acerca das atitudes tomadas para correção do defeito reportado em até 15 dias, possibilitando uma comunicação direta com as prefeituras, e um melhor investimento dos recursos disponíveis para manutenção e restauração dos pavimentos.

Palavras-chaves: Manifestação Patológica, Pavimento Urbano, Sistema de Gerência, Notação *Business Process Model and Notation*.

ABSTRACT

Pavements are public goods of great value that influence the quality of life of the population, however, Brazil does not have programs to monitor the condition of urban pavements, mainly due to the lack of resources to obtain information about the constructed sections. Therefore, the research has the general objective of mapping the processes necessary for the development of a collaborative application based on the Business Process Model and Notation (BPMN), to detect pathological manifestations in urban pavements. In short, the development of the methodology consisted of the analysis of the processes necessary for the application of Urban Pavement Management Systems (SGPU), through bibliographic review and subsequent creation of flowcharts of structured procedures for the operation of the system in terms of capture, data storage, and user interface, defining the tasks necessary to obtain information about the pathologies (location, images, and description) and analysis of these (through the adaptation of NBR 008/2003 – PRO). Therefore, from the application of the proposed model, citizens could collaborate with the preservation of pavements indirectly, in addition to obtaining information about the actions taken to correct the defect reported within 15 days, allowing direct communication with the city halls, and better investment of available resources for pavement maintenance and restoration.

Keywords: Pathological Manifestation, Urban Pavement, Management System, Notation Business Process Model and Notation.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2019), 84,72% da população brasileira reside em áreas urbanas, reflexo do intenso processo de êxodo rural causado pela mecanização agrícola a partir da década de 1970, colaborando para o surgimento das metrópoles. Esse desenvolvimento rápido e de forma não planejada trouxe problemas urbanos para as cidades. De acordo com Nascimento e Fiori (2019), essas lidam com dois grandes desafios diários: aumentar a qualidade de vida dos seus atuais moradores e fornecer eficiente infraestrutura urbana e serviços públicos.

Logo, além da necessidade de enfrentar essas adversidades, Medeiros e Guimarães (2006) afirmam que os cidadãos querem, cada vez mais, ter acesso as ações do governo, corroborando para que as prefeituras tenham necessidade de se adaptar a era do conhecimento e globalização, já que a internet e a tecnologia tornaram-se um potencial veículo de aproximação, colaborando para que o governo fique cada vez mais “eletrônico” e acessível.

No entanto uma gestão mais “eletrônica” só beneficia as pessoas que possuem acesso adequado a internet para usufruir das funcionalidades ofertadas, o que de acordo com a pesquisa realizada pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) tem se tornado cada vez mais possível, visto que em 2019 o número de domicílios brasileiros com acesso à internet chegou a 50,7 milhões.

A pesquisa também mostrou que cerca de 80% da população com mais de 10 anos já possuía ao menos um celular para uso pessoal, e dentre essas, 91% tinha condições de acesso à internet através do aparelho. Quanto ao governo eletrônico apontou-se que 68% dos usuários da internet com mais de 16 anos já utilizaram os serviços públicos online para realizar serviços relacionados aos direitos do trabalhador, previdência, impostos, taxas e documentos pessoais.

O crescente potencial do uso das tecnologias na administração do governo, principalmente aquelas relacionadas aos dispositivos moveis, também é apontado por Lara, Gosling e Rodrigues (2018), em sua pesquisa, afirmando que o governo eletrônico tem ganhado mais espaço através do governo eletrônico móvel ou *m-Gov (Mobile Government)*, com a utilização das tecnologias de informação voltadas para a prestação de serviços públicos por meio de plataformas móveis como celulares, *smartphones*, *palms*, *personal digital*, *assistant (PDA)* e *tablet*.

Isto posto, entende-se que o governo eletrônico pode ser utilizado para auxiliar a prefeitura na conservação do espaço urbano, podendo ser aplicado no gerenciamento de pavimentos urbanos. Shoji (2018) afirma que mesmo os pavimentos sendo bens públicos de

elevado valor, o Brasil não possui programas de acompanhamento da evolução da condição dos pavimentos, nem planejamentos rigorosos de conservação e restauração durante a sua vida útil.

Realidade que acaba contribuindo para que as ações de manutenção da superfície do pavimento aconteçam apenas quando as patologias já estão em níveis críticos, comprometendo a segurança, causando desconforto aos usuários e aumentando os custos relacionados a operação dos veículos. (ZANCHETTA, 2017)

Por isso, uma das formas de melhorar a condição dos pavimentos urbanos e conservar o patrimônio público é através do desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU). Para isso, dentre os desafios existentes, está a necessidade de catalogar os pavimentos e conhecer suas condições presentes, criando um banco de dados confiável e realista.

Logo, o objetivo da pesquisa é mapear os processos necessários, utilizando a metodologia do *Process Model and Notation*, para o desenvolvimento de diagramas de processos que possam ser usados na concepção de um aplicativo para dispositivos móveis colaborativo, com a finalidade de detectar defeitos nos pavimentos urbanos a partir de dados proporcionados pela população. Esse facilitará o trabalho dos gestores de pavimentos urbanos permitindo avaliações em campo mais precisas e uma frequente realimentação dos dados do inventário criado.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos

A malha viária pavimentada de um país representa grande investimento da sociedade ao longo do tempo e uma parcela significativa de seu patrimônio. Porém, com o passar dos anos e a ação das intempéries, as vias pavimentadas acabam se desgastando e tendo sua capacidade de tráfego diminuída (ZANCHETTA, 2017).

Segundo Pantigoso (1998), apesar da rede de vias urbanas ser um dos componentes principais em um sistema de infraestrutura municipal, a preocupação dos gestores públicos com a sistematização dos procedimentos de gerenciamento diários ainda é recente, pois, tradicionalmente, a administração dos pavimentos urbanos é na maioria das vezes baseada na habilidade dos engenheiros municipais, que tomam as decisões de manutenção e reabilitação com base apenas na experiência acumulada, sem a elaboração de procedimentos formais por falta de recursos, desconhecimento ou preconceito.

Dentro desse modelo atual de gerenciamento, Zanchetta (2017) afirma que a maior parte das prefeituras brasileiras realizam apenas dois processos para a conservação da sua malha pavimentada: operações tapa-buracos e recapeamentos. Soluções comuns que muitas vezes não resolvem o problema de forma eficiente nem econômica.

Por isso a implantação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU) nos municípios brasileiros, objetiva garantir que o pavimento esteja em condições aceitáveis, investindo o menor valor possível, durante toda sua vida útil, através da programação de estratégias de intervenção e estimativas de custos totais ao longo do tempo (SHOJI,2000).

A implementação de um SGPU é baseada nos Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) que monitora os pavimentos rurais e rodoviários com auxílio de dados confiáveis, modelos realísticos e programas de fácil acesso pelos usuários (SHOJI, 2000). Esses sistemas possuem componentes básicos formados por subsistemas interligados descritos por Haas e Hudson (1982) e exemplificado na Figura 1.

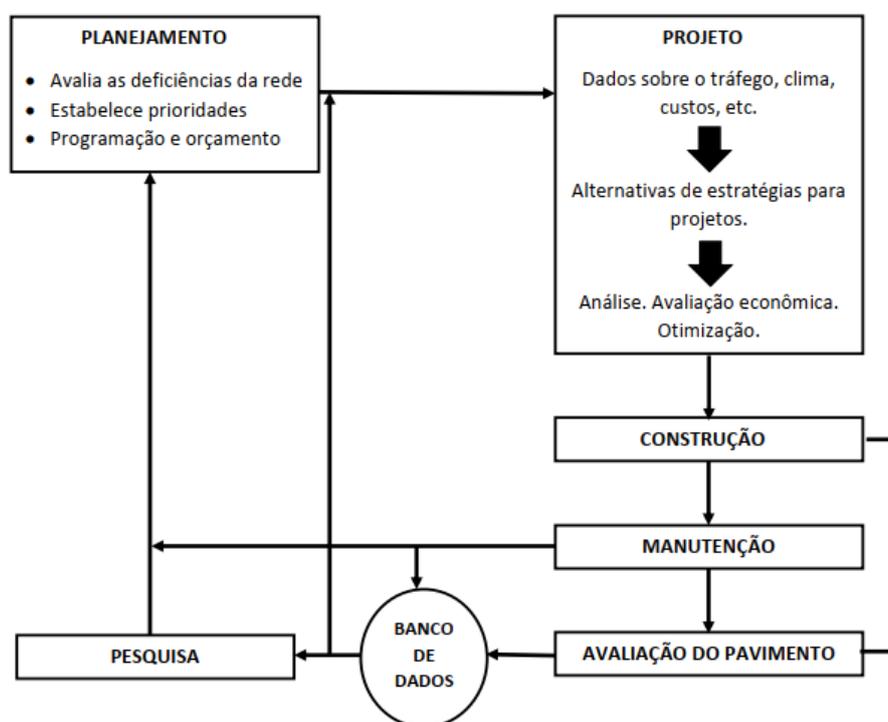


Figura 1 - Componentes básicos de um SGP. **Fonte:** Adaptado de HAAS E HUDSON (1982)

Cada um dos subsistemas é importante para que o SGP funcione com eficiência, porém neste trabalho pretende-se coletar dados que auxiliem especificamente as etapas, do subsistema de projeto, que envolve a coleta e análise de dados de entrada e o subsistema de construção,

responsável por controlar a qualidade da coleta e o processamento de dados a serem transmitidos ao banco de dados.

Dentro de um SGP as decisões são tomadas de duas formas: em níveis de projetos, definindo-se “quando” o pavimento deve ser reparado e “qual” tipo de reparo deve ser aplicado, e em nível de rede, através da realização de planejamento da programação das atividade de reparo e planejamento financeiro para manter a rede em condições aceitáveis (COOK e LYTTON, 1987).

A maior diferença entre esses dois é que as decisões em nível de rede consideram uma análise da rede de pavimentos como um todo, enquanto as decisões em nível de projeto estão relacionadas com uma única seção, envolvendo decisões sobre dimensionamento e construção, e um maior número de variáveis (SHOJI, 2000).

Para a decisão em nível de projeto, os autores Cook e Lytton (1987) apresentam dois métodos que podem ser empregados, Método de Programação Dinâmica e o Método do Controle do Ótimo. Outrora, o processo de decisão em nível de rede é direcionado para a programação das estratégias de manutenção e planejamento financeiro, envolvendo variáveis como: momento ideal para realização de um reparo, seleção do tipo de reparo, programação das estratégias conforme a disponibilidade dos recursos e seleção das estratégias conforme o desempenho. Nesse tipo de decisão os métodos usados para modelar os problemas são a Priorização e a Otimização (SHOJI, 2000).

Logo, os componentes básicos de um SGP podem ser aplicados em um SGPU, desde que as diferenças existentes entre os pavimentos rurais ou rodoviários e pavimentos urbanos sejam respeitadas. Considerando que os pavimentos urbanos possuem uma predominância de altos volumes de tráfego, paradas frequentes em sinais de trânsito e interferências subterrâneas.

Posto isso, os SGPUs utilizam das técnicas de priorização ao invés de otimização em caso de seleção de projetos, além de serem menos sofisticados que os SGPs, com intuito de atender com mais clareza os usuários. Esses são formados por apenas duas etapas principais: o inventário das seções e a avaliação da condição dos pavimentos (SHOJI, 2000).

Na etapa do inventário coleta-se informações sobre a rede de pavimentos urbanos, como: descrição e identificação das seções, características geométricas, histórico, tráfego e condição do pavimento. Já a avaliação da condição dos pavimentos pode envolver a elaboração de ensaios em campo, como testes para verificar o atrito superficial e também levantamento dos defeitos e a determinação das severidades dos mesmos. Logo, conforme Shoji (2000), a aplicação de um SGPU reduz os custos dos órgãos, possibilita a alocação racional dos recursos,

aperfeiçoa os processos de coleta de dados, permite a avaliação dos pavimentos ao longo do tempo e melhora a comunicação dentro do próprio órgão.

No entanto, de acordo com Hansen (2008), a realidade no Brasil não beneficia a elaboração do SGPU, pois os órgãos municipais responsáveis trabalham com orçamentos inferiores às necessidades o que prejudica a realização de ensaios em campo, a realimentação dos dados e a criação de modelos de previsão, além de ser extremamente difícil encontrar informações sobre a geometria das vias, ano de construção, espessura e materiais utilizados, dificultando a criação dos inventários.

2.2 Aplicativos ou Sistemas de Gestão desenvolvidos para auxiliar os Governos

O crescente desenvolvimento de uma população gradativamente conectada a tecnologia e a internet faz com que o governo precise se tornar pouco a pouco mais eletrônico. Por isso a concepção de aplicativos e sistemas de gestão que auxiliem a tomada de decisão tem sido explorada frequentemente pelos pesquisadores.

Pellizzon (2017), desenvolveu um modelo conceitual de sistema de informação unificado de infrações de trânsito com objetivo de tornar menos complexo e moroso o processo de punição dos infratores através de transações realizadas pela internet. Para a base do trabalho foram utilizadas as leis e normas do trânsito brasileiro, o auxílio do Sistema Nacional de Trânsito e a aplicação do *Business Process Model and Notation* (BPMN).

O modelo buscou compreender a configuração dos sistemas governamentais estudados, mapeando o fluxo de geração, a gestão das notificações, a análise dos recursos e a gestão das notificações. Elaborando, com base no ciclo de desenvolvimento de sistemas de informação, diagramas de processos, que exemplificaram as etapas realizadas desde a aplicação das notificações até o processo de análise dos pedidos de recursos concluindo que a partir da aplicação do modelo haveria uma redução do tempo de tramite do processo e do investimento de recursos públicos nesse tipo de operação.

Shoji (2000) também utilizou os avanços da tecnologia para desenvolver durante um período de quatro anos um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades brasileiras de médio porte, a fim de promover alocação racional dos recursos financeiros disponíveis, visando a maior extensão possível de pavimentos seguros e confortáveis.

O SGPU desenvolvido foi denominado como SGPUSP/R e utilizou uma pequena quantidade de variáveis, diminuindo custo e tempo na fase de coleta. O módulo da base de

dados foi desenvolvido em linguagem Delphi, a fim de armazenar os dados permanentemente na forma de arquivos.

O aplicativo desenvolvido coletava as informações dos dados das seções (nome, rua, características geométricas, históricos da construção, última intervenção - (tipo de estratégia aplicada), valores financeiros disponíveis e custos unitários de cada estratégia de manutenção. (SHOJI, 2000).

A partir desses dados coletados o SGPUSP/R é capaz de calcular um índice de prioridade (IP) para cada seção, e com auxílio de uma árvore de decisão, usar esse valor para determinar a melhor estratégia de manutenção e restauração. O programa também é capaz de calcular o custo de aplicação da metodologia no trecho determinado, auxiliando na definição dos trechos que precisem de manutenção de rotina, manutenção preventiva, recapeamento médio, recapeamento espesso ou reconstrução.

No entanto, enquanto o trabalho citado anteriormente trata-se de um modelo de SGPU, alguns autores utilizaram a tecnologia para criar aplicativos de celulares móveis capazes de prover informações sobre as condições dos pavimentos para auxiliar os SGPs na obtenção de informações para os seus inventários.

Aplicativos como *Roadroid*, *Roadlab* e *SmartIRI*, desenvolvidos respectivamente por Forslof e Jones (2013), Wang e Guo (2016) e Almeida (2018), foram criados para o uso em smartphones, ambos utilizando o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) para determinar a irregularidade longitudinal dos trechos.

Para uso do *Roadroid* é necessário um smartphone com sistema *Android*, calibrado corretamente e preso em um bom suporte de montagem. O aplicativo apresentou algumas divergências nos valores dependendo do modelo do carro e da velocidade, sendo o IRI, estimado através de correlações, apresentando resultados satisfatórios nas amostragens (Duarte, 2018)

Já o *Roadlab* possibilita que os dados acerca do conforto e segurança do rolamento sejam obtidos de duas formas, através de relatórios escritos pelos usuários e anexados juntamente com fotos capturadas com a câmera do smartphone ou por meio de dados de aceleração, obtidos por acelerômetros. Nesse último caso os picos de aceleração são usados para indicar irregularidades maiores nas vias possibilitando o cálculo do IRI através de uma calibragem por regressão, com base nos valores do desvio padrão da aceleração vertical e valores de velocidade operacional dos veículos (Duarte, 2018).

Por fim, o *SmartIRI* também foi desenvolvido para uso no sistema *Android*, onde o IRI também é usado para conhecer as condições das vias. O mesmo deve ser instalado através de

um suporte no para-brisa dos veículos e calibrado de acordo com o tipo do automóvel, aparelho usado e velocidade operacional. Durante as testagens seus resultados demonstraram ser afetados de forma negativa por velocidades baixas (Duarte, 2018).

Diferente dos aplicativos citados anteriormente que utilizam o IRI, como uma forma de conhecer o estado dos pavimentos através de correlações matemáticas, o governo do estado de Goiás desenvolveu o aplicativo para *smartphones* GOInfra, onde é possível realizar solicitações de manutenção em estradas e rodovias, através de imagens e localização disponibilizadas pelos próprios usuários das mesmas, de forma simplificada.

Ambos aplicativos foram criados para serem simples, fáceis de operar e auxiliar os Sistemas de Gerenciamento dos Pavimentos rurais ou rodoviários, podendo ser usados como base para criação de um software capaz de reportar problemas nos pavimentos urbanos também.

2.3 Business Process Model and Notation (BPMN)

A estrutura para a realização de qualquer tipo de atividade é formada por processos, esses que de acordo com Barbará (2017) são um conjunto de ações ordenadas e integradas para um fim produtivo específico, gerando ao final produtos, serviços ou informações. Logo, a fim de possibilitar a análise dos processos, foi criada a notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), padronizada com símbolos e regras mantidas pela entidade internacional *Object Management Group* (OMG).

Sequenciar os processos e entendê-los é uma boa forma de obter informações confiáveis, e toda atividade realizada, por mais simples que seja, pode ser dividida em subprocessos. Por isso a notação BPMN foi criada para que todos possam entender através de uma representação universal os fluxos de atividades. Conforme Sordi (2012) a BPMN trabalha com todas as suas especificações a partir de somente um diagrama, o BPD (*Business Process Diagram*), descrevendo em ordem lógica e cronológica as sequências de atividades (BRIOL, 2008).

Conforme apresentado por White (2014), os elementos que formam um BPMN podem ser observados na Figura 2, a seguir:

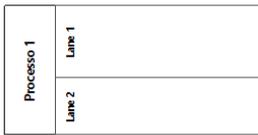
OBJETOS DE FLUXO		OBJETOS DE CONEXÃO	
Evento		Fluxo de Sequência	
Atividade		Fluxo de Mensagem	
Gateway (decisão)		Associação	
SWIMLANES		ARTEFATOS	
Pool		Objeto de dado/ Grupo	
Lanes		Anotação	

Figura 2. Elementos de um BPMN. **Fonte:** Adaptado de White (2014).

Compreendendo mais detalhadamente a Figura 2, define-se, de acordo, com White (2014) que o evento é um objeto de fluxo presente durante o andamento do processo, e possui uma causa ou um impacto. Esse afeta o fluxo operacional do processo, e pode ser de início, intermediário ou final (SORDI,2012). Além disso, os eventos podem ter diferentes causas, que são representadas por símbolos, que acionam e indicam como eles vão começar e quando vão terminar (BRIOL, 2008).

Já as atividades são trabalhos que precisam ser executados pela organização dentro do processo, podendo ser formados por subprocessos (sequência de passos), ou tarefas (ações executadas por uma pessoa) (PEREIRA et. al. 2011). Enquanto os gateways, ou decisores, determinam bifurcações, decisões, fusão e junção dos caminhos, mostrando pontos onde os fluxos precisam ser controlados, o fluxo de sequência mostra a ordem em que as tarefas devem ser realizadas, antemão o fluxo de mensagem representa troca de informação do processo com o mundo externo enquanto a associação faz vínculo entre atividades e artefatos (WHITE, 2014).

A piscina (*pool*) representa os participantes dos processos e as raias (*lanes*) são repartições que vão dentro das pools e separam as atividades por departamento ou papéis. E por fim o objeto de dado é apenas uma informação complementar que contribui para uma melhor compreensão, o grupo não é uma atividade, usado apenas para garantir discernimento do diagrama e a anotação é usada para transmitir ao leitor mais informações sobre a atividade (BRIOL, 2008).

Logo, todos os diagramas criados em BPMN devem ser interpretados da mesma forma, tornando o conhecimento acerca de cada processo universal e possibilitando o uso desses para desenvolvimento de softwares complexos, sem a necessidade de que os desenvolvedores tenham conhecimento específico da área abordada.

2.4 Verificação normativa para detecção de patologias nas superfícies dos pavimentos

A norma DNIT TER 005 define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, permitindo a padronização da linguagem utilizada nos textos relativos as patologias nos pavimentos. De acordo com a norma, os tipos de defeitos existentes são divididos em fendas, fissuras, trincas isoladas longitudinais e transversais, trincas interligadas do tipo “couro de jacaré” ou “bloco”, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panelas e remendos.

Logo, com base na definição dos tipos de manifestações patológicas existentes, a Norma DNIT PRO 006 descreve o procedimento para avaliar a condição do pavimento, auxiliando na avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos e classificando a condição destas através do cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global) em um procedimento que avalia a superfície do pavimento de 20 em 20 metros, alternados em relação ao eixo de rolamento, anotando as patologias identificadas dentro de cada trecho.

Já a norma DNIT PRO 007 trata do levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para a gerência de pavimentos e estudos e projetos, auxiliando a norma DNIT PRO 006 a partir da descrição da aparelhagem necessária e a maneira pela qual o levantamento deverá ser realizado para obtenção do resultado do IGG.

Por fim, a norma do DNIT PRO 008, especifica o procedimento de levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, a partir de três

indicadores o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e o Índice do Estado da Superfície do Pavimento (IES).

O procedimento descrito pela Norma do DNIT PRO 008 é realizado percorrendo um único sentido da faixa no caso de pistas simples, e no caso de rodovias com duas pistas fazendo o levantamento para cada uma delas separadamente. A norma também recomenda que a extensão dos segmentos a serem avaliados seja de no mínimo 1 km e no máximo 6 km, sendo o levantamento das informações feito ao fim de cada quilômetro.

Por fim, conclui-se que entre as normas existentes, a DNIT PRO 008 mostra-se a mais útil para avaliações visuais sem visitas *in loco*, já que originalmente a sua avaliação é feita de forma visual, sem a necessidade de medições, diferente da norma DNIT PRO 006. Além disso, todas as normas se referem a avaliação de pavimentos rurais ou rodoviários, não sendo idealizadas para análise de pavimentos urbanos.

3. METODOLOGIA

A fim de cumprir os objetivos propostos, o trabalho foi desenvolvido mediante emprego dos procedimentos metodológicos apresentados na Figura 3, buscando criar um aplicativo colaborativo capaz de possibilitar uma melhor comunicação entre os cidadãos e as prefeituras, agilizando o processo de detecção de manifestações patológicas nos pavimentos, e consequentemente melhorando a realidade das cidades.

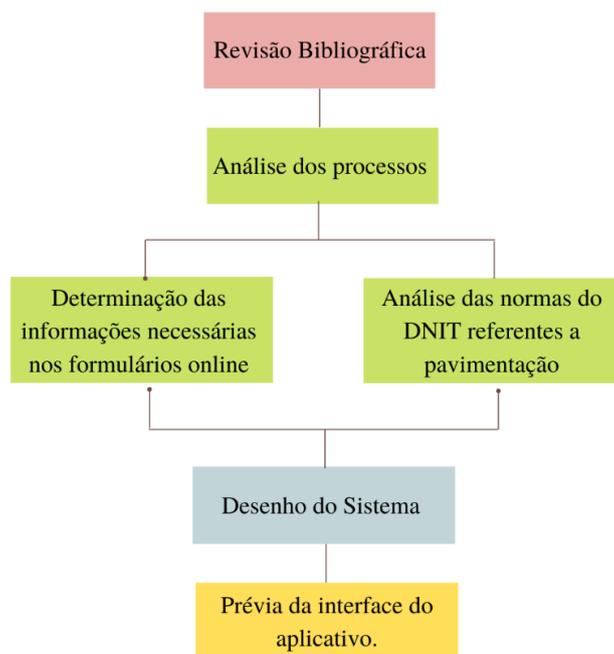


Figura 3. Fluxograma da Metodologia. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Conforme observado, a primeira etapa consistiu na Revisão Bibliográfica da pesquisa, com intuito de selecionar trabalhos úteis para alcançar os objetivos propostos, verificando as oportunidades de pesquisa e avanços científicos na área e subsidiando a definição de procedimentos e detalhes de cada etapa.

Em seguida será feita a análise dos processos, a fim de determinar as informações úteis para atender os usuários finais do sistema, que no caso serão os gerenciadores de pavimentos urbanos, definindo metodologias que possam ser usadas na análise das manifestações patológicas existentes nas superfícies dos pavimentos, baseadas nas Normas do DNIT TER 005, que define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, possibilitando a padronização da linguagem adotada nos textos relativos as patologias nos pavimentos e a DNIT PRO 008, usada no procedimento de levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, ambas criadas, originalmente, para análises de pavimentos rurais.

Na etapa seguinte as informações obtidas durante a análise dos processos serão utilizadas para realizar o desenho lógico do sistema através da notação BMPN, com auxílio do *software Bizagi Modeler*, sendo os procedimentos estruturados conforme o funcionamento do sistema em termos de captura, armazenamento de dados e interface com o usuário.

A última etapa da pesquisa será o emprego do modelo conceitual na elaboração de uma interface prévia do aplicativo proposto, a fim de ilustrar as necessidades do sistema, possibilitando uma aplicação futura mais assertiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Previamente foi elaborado um fluxograma para indicar o ciclo de funcionamento do modelo conceitual do aplicativo colaborativo idealizado, nesse, conforme apresentado na Figura 4, o cidadão identifica a manifestação patológica na superfície do pavimento urbano e reporta o problema para as autoridades responsáveis através do aplicativo, essas analisam a solicitação e classificam o problema por meio de um plano de ação e programação de prioridades, decidindo se algum tipo de reparação será realizado ou se nenhuma atitude imediata será tomada, em seguida o órgão responsável reporta ao cidadão a decisão tomada, possibilitando que o mesmo acompanhe a situação com clareza.

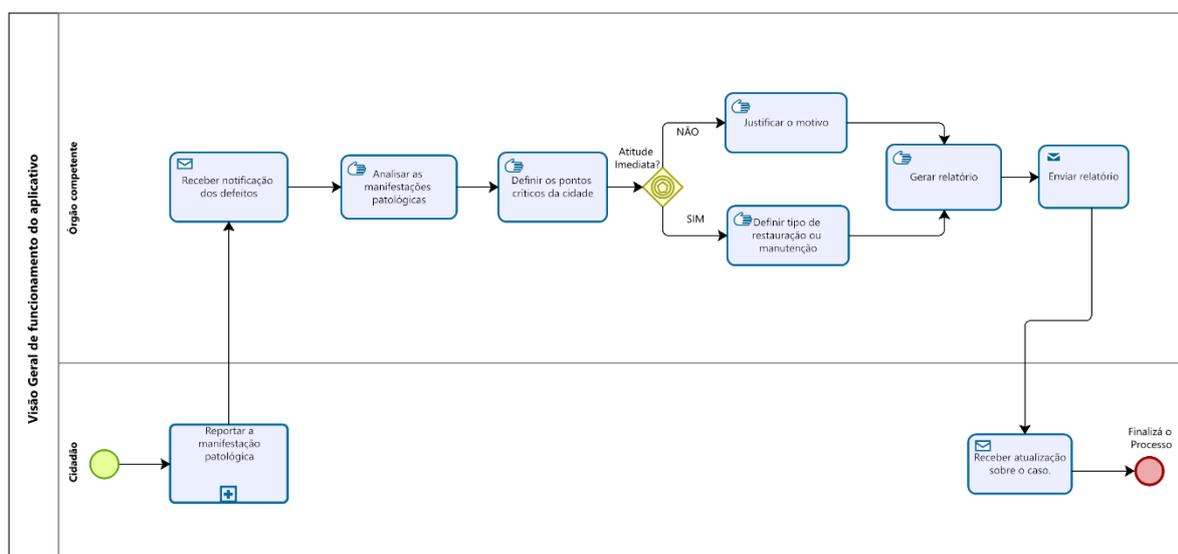


Figura 4. Visão geral do funcionamento do aplicativo. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Também definiu-se as informações essenciais para o formulário *online* preenchido pelo cidadão através do aplicativo, sendo essas: i) localização exata (obtida através do Sistema de Posicionamento Global), ii) tipo de defeito (obtido através de foto fornecida pelo usuário), iii) detalhes do defeito (obtido por meio da descrição do usuário) e iv) dimensão do defeito (obtida através do uso de objeto como referencial na foto). Tais informações são uma parte importante

da pesquisa, já que conforme apontado pela revisão literária, o inventário é um componente essencial no Sistemas de Gerenciamentos Urbanos, pois as informações obtidas são usadas como base para as decisões tomadas pelos gestores.

Em seguida a partir da norma do DNIT TER 005, foram estabelecidas quais manifestações patológicas poderiam ser observadas por um cidadão sem conhecimento específico e fotografadas por uma câmera normal de *Smartphone*, concluindo, ser perceptível seis tipos de defeitos, sendo esses: panelas, remendos, trinca, exsudação, desgaste e afundamento. Propõe-se que no aplicativo colaborativo as manifestações patológicas sejam exemplificadas para facilitar a identificação do usuário conforme a Figura 5.

TIPOS DE DEFEITOS		
		
Panela	Trincas	Exsudação
		
Desgaste	Afundamento	Remendo

Figura 5. Ilustração dos defeitos comuns na superfície dos pavimentos. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Após essas definições foram elaborados modelos conceituais para representar os fluxos dos processos. O primeiro deles foi o fluxo da notificação da manifestação patológica apresentado na Figura 6, onde o cidadão após um cadastro prévio, usando seus dados básicos, consegue relatar o defeito na superfície do pavimento encontrado, adicionando a localização georeferenciada, fotos e comentários, recebendo por fim um e-mail com o relatório da sua solicitação que finaliza o processo e envia uma notificação para o órgão responsável.

Cabe ressaltar nessa etapa a necessidade da criação de um sistema de reconhecimento de imagens durante o evento que corresponderia a adição de fotos das manifestações patológicas, a fim de evitar o envio de imagens que não atendem a proposta do aplicativo. Para

isso sugere-se a utilização de redes neurais artificiais, conhecidas pela sua eficiência na identificação de padrões e classificação de dados.

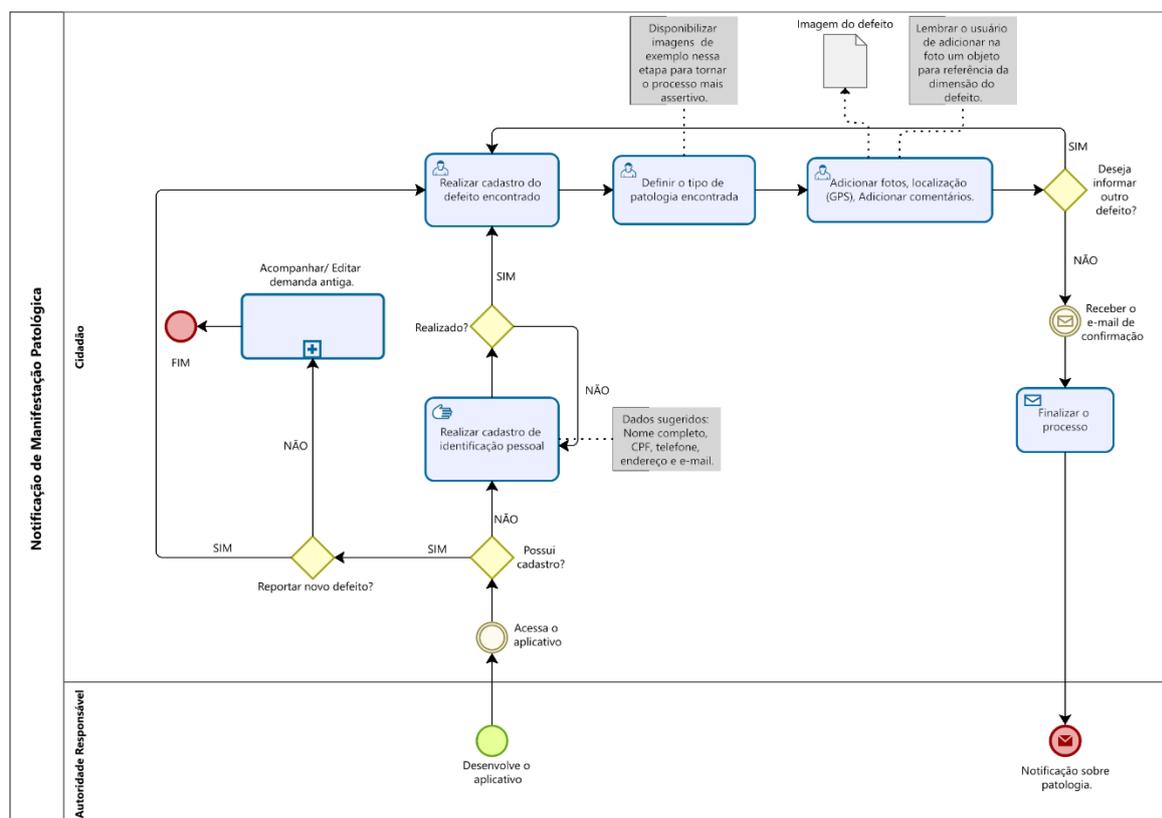


Figura 6. Fluxo de notificação da manifestação patológica. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Observa-se no mesmo fluxograma da Figura 6 que o cidadão também pode acompanhar demandas solicitadas anteriormente, ou editar notificações antigas, podendo adicionar novas fotos e comentários no caso de avanço na deteriorização do defeito. Porém essas tarefas, conforme apresentado, possuem subprocessos e só estarão disponíveis após a análise de manifestações patológicas reportadas anteriormente.

Para essa investigação dos defeitos sugere-se que os gerenciadores dos pavimentos urbanos tenham acesso aos relatórios de notificações acerca das manifestações patológicas dos pavimentos, e realizem a análise conforme o fluxograma descrito na Figura 9.

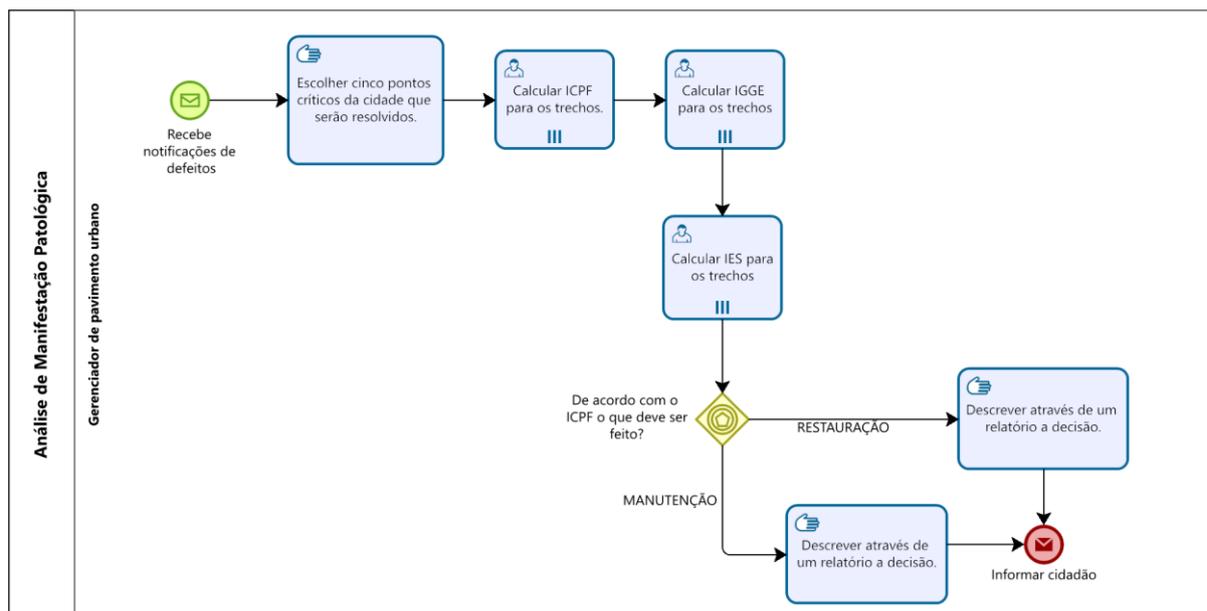


Figura 7. Fluxo de plano de ação e programação de prioridades. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Inicialmente, a cada sete dias, estes devem escolher, de forma manual, uma região da cidade que apresente uma grande quantidade de patologias reportadas, para isso o sistema proposto deve criar um mapa geral da cidade, indicando a partir de marcadores, a localização dos defeitos reportados, conforme a Figura 8A.

A localização de cada manifestação patológica deve ser definida através da informação do GPS disponibilizada pelo cidadão, sendo importante que o mapa possua uma legenda capaz de indicar as seguintes informações: marcador vermelho mostrando nova patologia, marcador amarelo indicando que o defeito está em reparação, marcador verde para pontos corrigidos e marcador preto para apontar manifestações patológicas reincidentes.

Dessa forma, além de utilizar o mapa de manifestação patológica para a definição inicial da área crítica na cidade, também será possível avaliar os locais onde estão acontecendo as reparações e onde surgiram patologias reincidentes, servindo, nesse último caso como um indicativo de que a solução tomada não foi eficiente.

Portanto, com auxílio do mapa, recomenda-se definir uma área, a partir de uma circunferência com um raio de 200 metros sobre o local com maior quantidade de patologias novas e reincidentes reportadas, conforme exemplificado na Figura 8B.

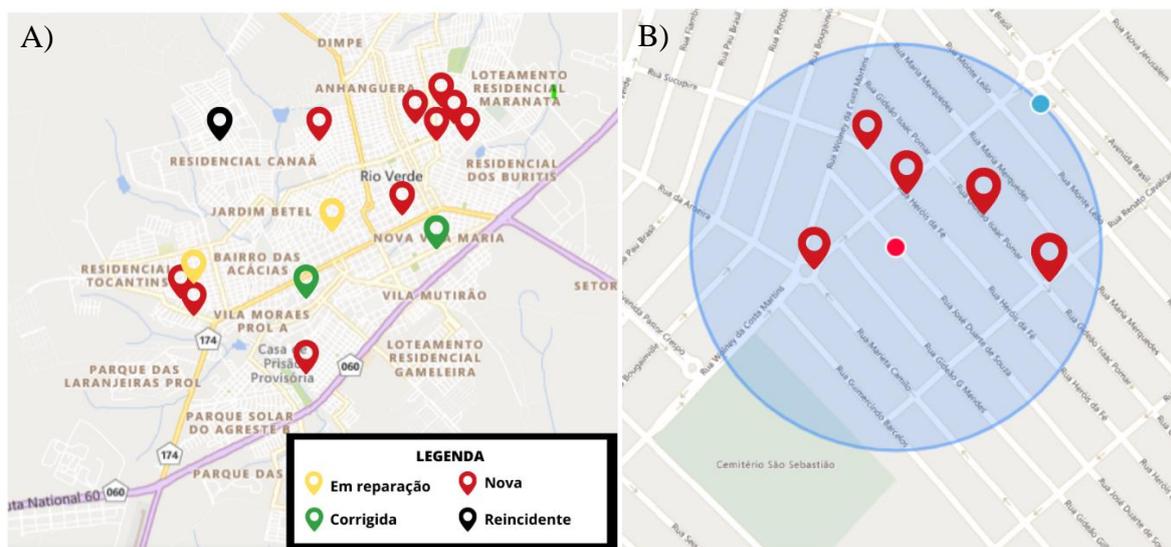


Figura 8. (A) Mapa de Manifestação Patológica. (B) Demarcação da área com raio de 200 metros. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

O próximo passo deve ser definir os trechos a serem analisados conforme as necessidades da NBR 008/2003-PRO para o cálculo do IGGE, ICPF e IES conforme com os dados fornecidos pelos usuários. Sugere-se que essa divisão seja feita de acordo com a metodologia adaptada por Dresch (2014), onde cada segmento possui extensão de uma quadra e todas as faixas de tráfego são analisadas. Conforme exemplificado na Figura 9, onde os trechos de uma área aleatória foram definidos dentro do raio de 200 metros e representados separadamente pela sigla “TR”.

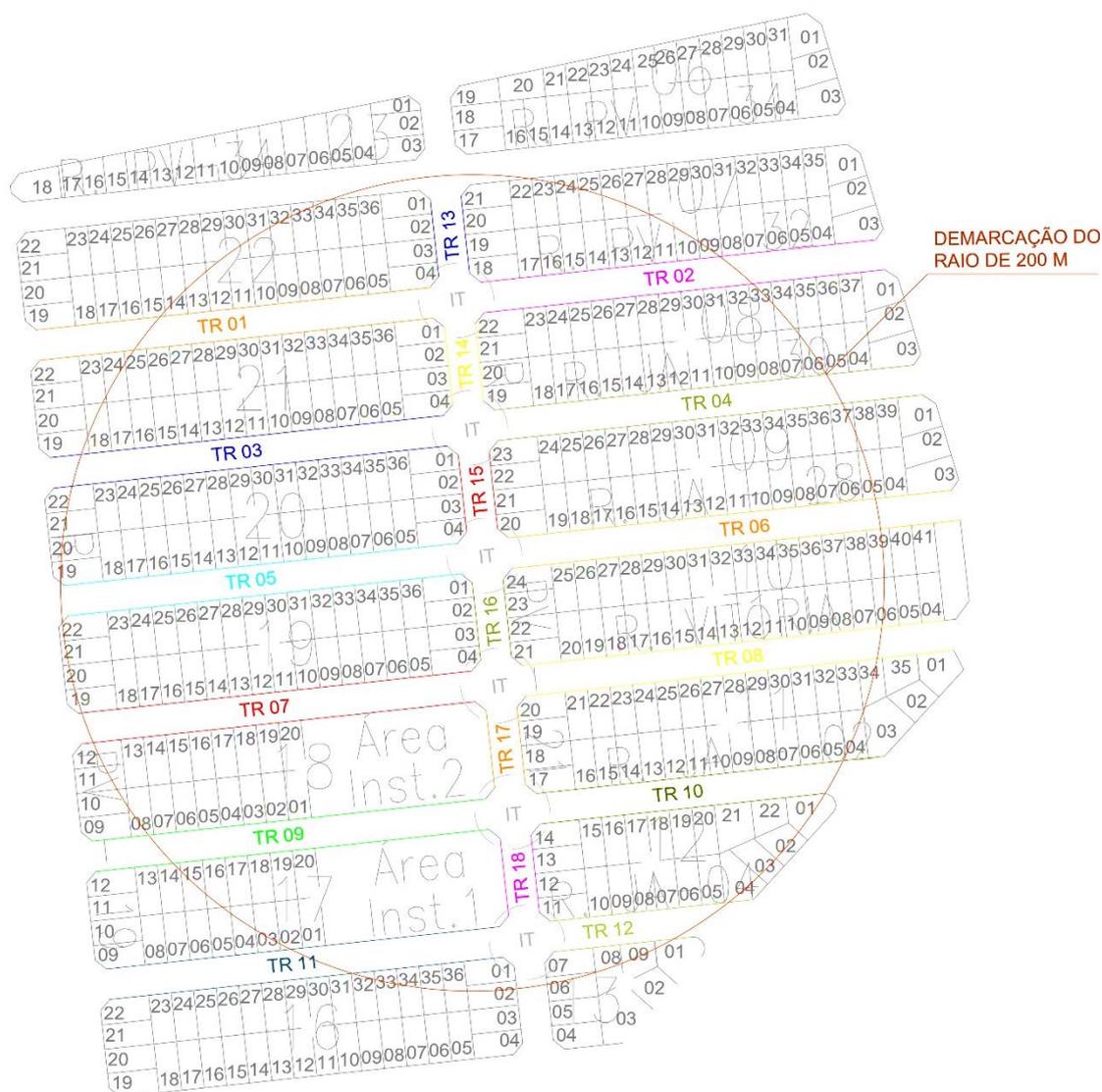


Figura 9. Definição dos trechos analisados. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

Na Figura 9 também foram indicados os locais com intersecções em nível, representados pela sigla “IT”. Esses pontos, onde duas ou mais vias se unem, podem acabar gerando dúvidas sobre em que trecho o defeito deve ser contabilizado. Portanto, sugere-se que as manifestações patológicas encontradas nesses locais sejam contabilizadas na rua/avenida com fluxo de veículos preferencial de acordo com as regras de circulação estabelecidas pelo Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN).

Após essa definição de trechos, recomenda-se a escolha dos cinco piores trechos para se aplicar o cálculo do ICPF, IGGE e IES, definindo com auxílio das normas as atitudes cabíveis a cada um deles. Como forma de auxiliar essa decisão, propõem-se a consideração de situações determinadas mais críticas, cada uma com peso unitário, sejam elas: i) Mais de um defeito no trecho, ii) Patologias em intersecção em nível ou cruzamento, iii) Rua principal, iv) VDM alto,

v) Presença de buracos e vi) Presença de remendos. Logo os 5 trechos escolhidos devem ser aqueles que entre todos os outros, no raio de 200 metros, possuem a maior pontuação na soma final, podendo variar de 0 a 6 pontos.

Sequencialmente, a primeira situação considerada crítica é a existência de mais de um defeito no trecho analisado, devido ao grande desconforto gerado aos cidadãos nesses locais, intensificando as chances de acidentes, prejudicando o funcionamento dos automóveis e aumentando o consumo de combustível. Em vias de mão dupla, por exemplo, a existência de várias patologias próximas umas das outras, pode colaborar para que os veículos avancem a faixa oposta ao sentido do fluxo seguido, já em vias de mão única o excesso de patologias pode diminuir a sua acessibilidade e capacidade, além de impulsionar a necessidade de uma troca de faixa repentina capaz de ocasionar conflitos de trânsito.

Em seguida as intersecções ou cruzamentos merecem prioridade de reparação, já que são áreas onde duas ou mais vias se unem ou se cruzam, destinadas a facilitar o movimento dos veículos, tendo sua funcionalidade afetada de forma negativa pela presença de defeitos na superfície do pavimento. Além disso, as intersecções constituem elementos de descontinuidade em uma rede viária e representam situações críticas que geram conflitos de tráfego, logo a presença de patologias nessa região pode ocasionar uma situação em que a ação do usuário leve o outro a realizar uma manobra evasiva.

A terceira situação crítica considerada é a existência de manifestações patológicas em ruas principais, essas que podem ser vias arteriais com acessibilidade aos lotes lindeiros e às demais vias, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade com uma velocidade maior, ou apenas ruas em que os veículos possuem prioridade de passagem nas regras de circulação determinadas pelo DETRAN. Logo, a definição de rua principal pode ser subjetiva e variar de acordo com a dimensão da cidade, porém em qualquer um dos casos essas ruas costumam ser importante para garantir a mobilidade das cidades.

Ademais, trechos com alto fluxo de veículos também devem ser considerados como prioridades de reparação, pois a movimentação dos carros, principalmente aqueles com elevada carga, pode fazer com que os defeitos (buracos, trincas e escorregamento), se agravem cada vez mais, aumentando os custos de manutenção e impossibilitando a aplicação de algumas medidas reparatórias mais baratas.

Por fim, algumas manifestações patológicas também merecem maior atenção, como apontando pela DNIT PRO 008, de forma indireta, através das orientações para o cálculo do IGGE onde a frequência de patologias é multiplicada por um peso pré-determinado de acordo com a quantidade de defeitos encontrados. Portanto, os maiores pesos de cálculo estabelecidos

pela norma são correspondentes as panelas e remendos, mostrando que esses defeitos tem uma importância maior na determinação do IGGE e conseqüentemente uma necessidade maior de manutenção, merecendo atenção da equipe gestora.

Logo, depois de definir com ajuda desses critérios os cinco trechos que demonstraram as piores condições da superfície dos pavimentos, os gerenciadores devem calcular o IGGE e ICPF que juntos definiram o valor do IES apontando o estado da superfície do pavimento.

Para esse cálculo será necessário adaptar o procedimento da norma, que originalmente divide os trechos com espaçamento de 1 km, o que para a análise de pavimentos urbanos é uma distância muito extensa, por isso propõe-se que o cálculo dos índices seja feito para toda a extensão do trecho analisado, que foi definido previamente como 1 quadra em semelhança ao trabalho de Dresch (2014).

Outrossim, a partir do ICPF obtido é possível definir se o trecho passará por processos de manutenção (aplicação de lama asfáltica, correção de pontos localizados e recapeamento) ou restauração. Essa decisão deve ser reportada ao cidadão que informou sobre a manifestação patológica finalizando o processo iniciado, além disso todos os outros cidadãos que reportaram defeitos e não foram atendidos no momento devem ser notificados.

Espera-se que todo esse processo, seja realizado dentro do período de 15 dias, já que as notificações devem ser analisadas no fim de cada semana, com no máximo sete dias para definição da área crítica e trechos. Por fim, propõe-se a ilustração de uma sugestão para a interface do aplicativo colaborativo conforme apresentada na Figura 10.

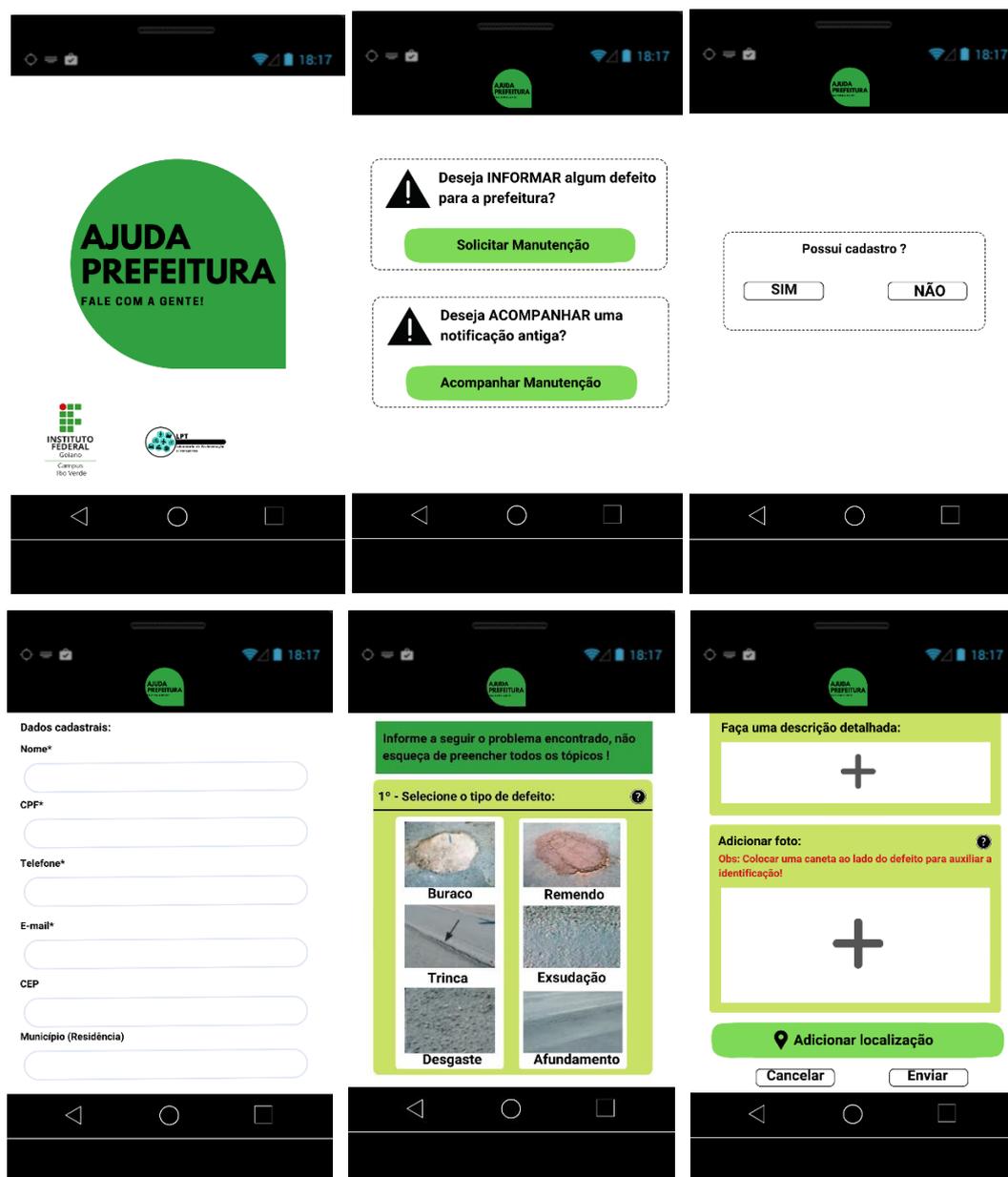


Figura 10. Sugestão para interface do Aplicativo. **Fonte:** Próprio Autor (2022)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa admitiu o fato de que os pavimentos urbanos representam um investimento de uma parte significativa do patrimônio da sociedade, necessitando de reparos ao longo dos anos para corrigir problemas causados pela ação de intempéries, sobrecarga e uso contínuo. No entanto, conforme Pantigoso (1998), a preocupação do país com o sistemas de gerenciamento de pavimentos urbanos é recente e ainda enfrenta muitas dificuldades de implantação devido aos baixos orçamentos disponíveis.

O trabalho também mostrou que a maioria das decisões envolvendo reparos ou manutenção dos pavimentos é baseada no conhecimento pessoal dos engenheiros, sem uma percepção geral da condição dos pavimentos, colaborando para que grande parte dos processos de conservação da malha viária sejam operações tapa-buracos e recapeamentos, que por muitas vezes não são eficientes.

Além disso, tornou-se perceptível, através da revisão literária que a aplicação da tecnologia no desenvolvimento de aplicativos capazes de auxiliar na inspeção dos pavimentos tem se tornado pouco a pouco mais viável, e pode auxiliar na etapa do SGPU que envolve coleta e análise dos dados, fornecendo dados suficientes para criar análises realísticas, onde o gerenciador avalia todo o pavimento através de um banco de dados, escolhendo a melhor alternativa.

O objetivo principal da pesquisa foi mapear os processos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com a finalidade de detecção de problemas nos pavimentos urbanos, para atingir esse objetivo, foram estudadas as necessidades de um SGPU e as metodologias apresentadas nas normas do DNIT TER 005 e DNIT PRO 008 usadas na criação dos fluxogramas com base na metodologia do *Business Process Model and Notation*.

Por fim, a proposta de modelo conceitual apontou que com a sua implementação a detecção de manifestações patológicas será mais fácil e rápida, possibilitando a população uma comunicação direta com as prefeituras, recebendo respostas em até 15 dias sobre as atitudes tomadas pelos gerenciadores. Além disso, percebe-se um potencial do modelo para ser usado na detecção de outros problemas urbanos como sinalização e iluminação pública.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L.C. (2018) *Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) (2020) Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação no Brasil: pesquisa TIC Domicílios, ano 2019: Relatório de Coleta de dados. São Paulo: CGI.br.

DRESCH, Fernanda (2013) Gerência de pavimentos urbanos: utilização de levantamento visual contínuo para avaliação das vias principais pavimentadas de Santa Rosa/RS. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul. Santa Rosa, RS, Brasil. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2442>> (acesso em 02/01/2022).

DNIT (2003) TER 005/2003 *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia*. Brasília/ DF, Brasil.

DNIT (2003) PRO 006/2003 *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Brasília/ DF, Brasil.

DNIT (2003) TER 007/2003 *Levantamento para avaliação da condição de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos*. Brasília/ DF, Brasil.

DNIT (2003) PRO 008/2003 *Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Brasília/ DF, Brasil.

Duarte, R. I. M. (2018) *Análise comparativa da irregularidade longitudinal por faixas de tráfego na rodovia CE-401 obtida por aplicativos de smartphones*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de engenharia de transportes. Centro de tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Fortaleza/ CE, Brasil.

Forslof, L e H. Jones (2013) *Roadroid: continuous road condition monitoring with smartphones. In: IRF 17th World Meeting and Exhibition*. Riyadh.

Governo do Estado de Goiás (2021) *Aplicativo GOInfra*. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.go_infra.go_infra&hl=pt_BR&gl=US. Acesso em: 02 de Novembro de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (2019) *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio*. Rio de Janeiro.

Lara, R. D.; G. Marlusa e R. F. Isabela (2018) *Mobile government: uma análise dos aplicativos estaduais como mediadores do relacionamento entre os cidadãos e os governos estaduais*. Revista do Serviço Público, v. 69, n. 2, p. 63–89.

Medeiros, P. H. R. e G. T. DE Aquino (2006) *A institucionalização do Governo Eletrônico no Brasil*. RAE- Revista de Administração de Empresas, v. 46, p. 13.

Nascimento, F. P. Do e F. M. De O. Silva (2019) *Os direitos humanos ligado ao desenvolvimento das cidades brasileiras*. Revista Inclusiones, v. 6, p. 21.

Pantigoso, J. F. G. (1998) *Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. DOI: 10.11606/D.18.2018.tde-30012018-150517

Shoji, E. S. (2018) *Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades brasileiras de médio porte*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. DOI: 10.11606/D.18.2018.tde-05032018-154814

Zanchetta, F. (2017) *Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica*. Tese (doutorado). São Carlos: Universidade de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. DOI: 10.11606/T.18.2017.tde-30102017-143430

Wang, W. e F. Guo (2016) *RoadLab: revamping road condition and road safety monitoring by crowdsourcing with smartphone app*. [S.l.: s.n.], 2015. Artigo submetido para apresentação no Transportation Research Board 95th Annual Meeting, Washington.

3 CONCLUSÃO GERAL

Com intuito de atingir o objetivo principal da pesquisa, os processos necessários para o desenvolvimento de um aplicativo colaborativo com a finalidade de detecção de problemas nos pavimentos urbanos foram mapeados através de uma revisão bibliográfica voltada para o conhecimento das necessidades de um SGPU e do estudo das metodologias apresentadas nas normas do DNIT TER 005 e DNIT PRO 008 para avaliação da condição dos pavimentos urbanos.

Em seguida, através dos dados obtidos na etapa de revisão e aplicando a metodologia do *Business Process Model and Notation*, foram desenvolvidos fluxogramas dos processos, capazes de fornecer ao usuário final informações sobre a quantidade e o tipo das manifestações patológicas existentes, a fim de embasar o cálculo de indicadores normativos como o IGGE, ICPF e IES, auxiliando na tomada de decisão do gestor do pavimento, e diminuindo os custos envolvendo verificações *in loco*.

Além disso, o trabalho também propôs uma metodologia para análise das informações enviadas pelo cidadão com finalidade de definir os pontos críticos da cidade estudada, através de um mapa geral e de locais que merecem prioridade nas manutenções como: lugares com mais de um defeito, ruas principais, intersecções em nível ou cruzamento, VDM alto, presença de buracos e remendos.

Ademais, a proposta de modelo conceitual apontou que com a sua implementação a detecção de manifestações patológicas será mais fácil e rápida, possibilitando a população uma comunicação direta com as prefeituras, recebendo respostas em até 15 dias sobre as atitudes tomadas pelos gerenciadores.

Por fim, sugere-se em trabalhos futuros o estudo do usuário como instrumento de avaliação dos pavimentos urbanos, acompanhado da simplificação dos defeitos passíveis de detecção, avaliando a possibilidade de que o cidadão reporte as patologias de forma genérica e sem uma identificação pessoal prévia, percebendo-se também um potencial do modelo para ser usado na detecção de outros problemas urbanos como sinalização e iluminação pública.