

AVALIAÇÃO DAS DETERIORAÇÕES EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS SUBMETIDOS AO TRÁFEGO DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

EVALUATION OF DETERIORATIONS IN FLEXIBLE PAVEMENTS SUBMITTED TO THE TRAFFIC OF PUBLIC TRANSPORTATION BY BUSES

Priscila Merlo¹; Luana Cristina Romero Palma²; Carlos Alberto Prado da Silva Junior³; Heliana Barbosa Fontenele⁴

¹Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Londrina. E-mail: priscilamerlo3@gmail.com

²Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Londrina. E-mail: luanacrpalma@gmail.com

³Professor Doutor do Departamento de Construção Civil da Universidade Estadual Londrina. E-mail: cprado@uel.br

⁴Professora Doutora do Departamento de Construção Civil da Universidade Estadual Londrina. E-mail: heliana@uel.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar os defeitos ocorrentes em pavimentos flexíveis sujeitos ao tráfego de transporte coletivo por ônibus de um campus universitário localizado no norte do Paraná. Assim, foram realizadas avaliações objetivas a partir de levantamentos dos defeitos em vias submetidas a esse tipo de tráfego, de acordo com o manual de identificação de defeitos do FHWA e o método do *Pavement Condition Index* (PCI). As avaliações foram realizadas em duas etapas, a primeira ocorreu no ano de 2015, e a segunda, em 2017. Os defeitos levantados em ambas as etapas foram comparados com objetivo de analisar suas evoluções. Concluiu-se a partir da pesquisa que as deteriorações que apresentaram um aumento notável na evolução foram as trincas por fadiga, a desintegração e o intemperismo, tendo este último defeito um destaque nos resultados das avaliações do ano de 2017.

Palavras-chave: defeitos, método objetivo, PCI, campus universitário, tráfego pesado.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the occurring distresses on flexible pavements subjected to the traffic of public transportation by bus in a university campus located in the north of Parana. Thus, objective surveys based on evaluations of the distresses in roads submitted to this type of traffic were carried out, according to the FHWA distress identification manual and the *Pavement Condition Index* (PCI) method. The surveys were carried out in two stages, the first one occurred in 2015, and the second one in 2017. The distresses surveyed in both steps were compared to each other to analyze their progressions. It was concluded from the research that the deteriorations that showed a remarkable increase in the evolution were fatigue cracking, ravelling and weathering, the latter being a highlight in the results of the surveys in 2017.

Keywords: distresses, objective method, PCI, university campus, heavy traffic.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, devido à alta urbanização e à baixa renda de grande parte da população, um dos principais meios utilizados no transporte urbano é o ônibus. Por conta disso, em algumas cidades brasileiras estão sendo implantadas faixas exclusivas para o tráfego de ônibus a fim de otimizar a locomoção urbana. Porém, nem sempre essa mudança é acompanhada de uma infraestrutura necessária para que o pavimento suporte esse tipo de tráfego pesado.

Muitas vezes os órgãos responsáveis não conseguem atender, muito menos prever, as necessidades envolvidas em tais decisões, ocasionando uma falta de planejamento e de infraestrutura no momento da implantação das faixas exclusivas nas vias existentes. Em muitos municípios as vias não estão projetadas para receber esse tráfego pesado e canalizado, o que faz com que a estrutura do pavimento passe a apresentar defeitos antes do previsto.

Em outras palavras, o transporte coletivo de ônibus em faixas exclusivas pode aumentar a carga exercida sobre o pavimento. O excesso de carga é uma das maiores causas de deterioração do pavimento e seus danos estão associados a defeitos internos, mais difíceis de detectar, e que afetam a estrutura do pavimento, como as trincas e os afundamentos nas trilhas de roda (Albano, 2005).

Essas vias passam então a necessitar de manutenções frequentes em função da acelerada deterioração, ocasionando prejuízos ao fluxo de veículos, bem como custos para a administração pública. Vê-se, dessa forma, a importância de que seja dada atenção aos trechos impactados pelo tráfego de ônibus do transporte coletivo. Logo, o conhecimento do impacto do transporte de ônibus, a partir da determinação de suas principais formas de deteriorações e prováveis causas, vem a ser uma informação importante para que as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos viários possam ocorrer de maneira eficiente. Portanto, o objetivo do trabalho é analisar os defeitos mais frequentes em vias submetidas ao tráfego de ônibus, utilizando o campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL) como área de estudo.

A partir da análise dos dados de defeitos relativos aos anos de 2015 e 2017 pretendeu-se conhecer os padrões de deterioração em um pavimento asfáltico submetido a esse tipo de solicitação, bem como a sua evolução dentro do intervalo de dois anos, para dar subsídios aos responsáveis pelo sistema de gestão da manutenção viária. Os resultados deste estudo poderão ser usados na tomada de decisão dos gestores quanto ao planejamento das atividades de manutenção tanto no tempo quanto no espaço.

2. AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO

Em um sistema rodoviário é necessário que haja uma ferramenta de controle da qualidade do pavimento para administrar seus custos e manutenções. Para tanto há o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), que analisa fatores como o planejamento, o projeto, a construção e a manutenção dos pavimentos, com o objetivo de utilizar os recursos públicos da melhor maneira possível, e garantir uma rodovia de qualidade (DNIT, 2011).

Os conceitos de gerência dos pavimentos rodoviários são válidos para as vias urbanas, porém, uma das principais diferenças é a interferência das redes de infraestrutura pública. A frota também é diferenciada, pois é composta em maior parte por automóveis e ônibus urbanos que transitam em velocidades inferiores (Oliveira, 2013).

As atividades de um SGP estão vinculadas principalmente à área de planejamento e podem ser agrupadas, basicamente, em quatro atividades básicas, sendo estas: Sistema de referência; Avaliação dos pavimentos; Determinação das prioridades e Elaboração de programa plurianual de investimentos (DNIT, 2011).

Entre os métodos de avaliação do pavimento há os de ordem subjetiva, no qual a qualidade do pavimento pode ser traduzida por meio do Valor da Serventia Atual (VSA), e os de ordem objetiva, como a avaliação da irregularidade longitudinal, que utiliza o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), e a avaliação de defeitos na superfície do pavimento (Soncim, 2011).

A avaliação objetiva por meio de levantamento de defeitos na superfície do pavimento, foco deste estudo, pode ser realizada por avaliadores dentro de um veículo em movimento ou por meio de caminhamento ao longo da via. Assim, um grupo de avaliadores observa os defeitos no pavimento e averigua o tipo de defeito, sua severidade e densidade por meio de medições (Soncim, 2011).

Os defeitos podem ser examinados de acordo com o método do Índice de Condição do Pavimento (ICP), ou em inglês o *Pavement Condition Index (PCI)*, de acordo com a ASTM (2016). Esta norma descreve, ao todo, vinte tipos de defeitos passíveis de ocorrer em pavimentos asfálticos. Nela são abordados a descrição, a definição de suas causas e o método de mensuração de cada um com base na FHWA (2003). Em estudos feitos em vias urbanas submetidas ao tráfego pesado de ônibus foram constatados que os defeitos mais comuns são as trincas por fadiga e o afundamento das trilhas de roda (Gibby; Dawson; Sebaaly, 1996).

3. MÉTODO

A avaliação de defeitos foi realizada por meio de caminhada pelas vias do campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O levantamento foi feito com base no manual da FHWA (2003) e na norma da ASTM (2016). Numa primeira etapa foram utilizados os dados dos levantamentos de defeitos realizados no ano de 2015 nas unidades amostrais (UAs) do estudo de Ramos e Fontenele (2016) e Ramos (2016). No referido levantamento as vias do campus foram divididas em onze trechos e estes subdivididos em 174 UAs. A norma ASTM D6433-16 limita a área a ser avaliada entre 135 e 315 m², portanto, as UAs continham 30 metros de comprimento cada e a largura total da via foi considerada. Foram avaliadas apenas as vias principais, sem incluir os acessos aos estacionamentos e as rotatórias. A divisão do campus da UEL está ilustrada na Figura 1.

Para o presente trabalho, os dados utilizados foram somente aqueles referentes às UAs dos trechos onde há tráfego de ônibus, ou seja, os trechos A, C, D, G, H, I, J e K. Assim, os tipos de defeitos encontrados e suas respectivas severidades e densidades foram correlacionados a cada um desses trechos. A densidade do defeito no trecho foi calculada a partir da média aritmética das densidades encontradas nas UAs nele constante. Também foram analisados os defeitos encontrados nas UAs que dão acesso aos pontos de ônibus, tendo em vista a alta frequência de frenagem no local.

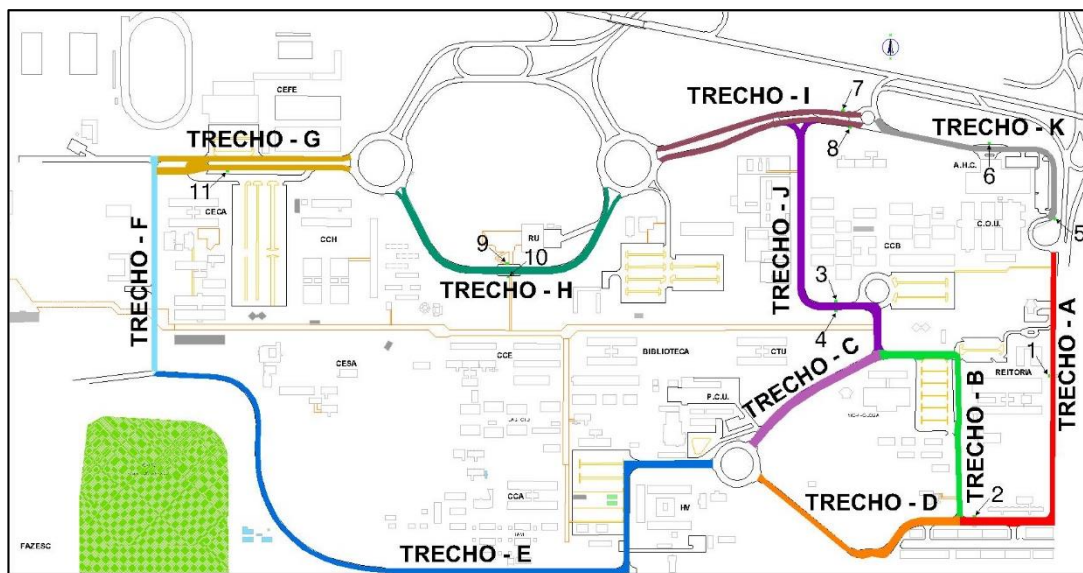


Figura 1: Indicação dos trechos da malha viária do campus da UEL no ano de 2015 e dos pontos de ônibus. Fonte: o próprio autor.

A segunda etapa da pesquisa contou com os dados das avaliações de defeitos realizadas no ano de 2017. Para esta nova inspeção o campus foi novamente dividido, totalizando 18 trechos. Na nova divisão foram consideradas as cinco rotatórias e os demais acessos, como é apresentado no mapa da Figura 2. Em cada trecho novas UAs foram selecionadas considerando a largura das faixas de tráfego e o comprimento variável, mantendo cada área entre 135 e 315 m².

Os dados utilizados foram aqueles coletados nos trechos que possuem o tráfego do transporte público por ônibus: A, C, D, G, H, I, J e K e rotatórias de 1, 2, 3 e 5. Em casos de pista dupla, foi escolhida a pista onde há a maior frequência de tráfego de ônibus, geralmente a faixa da direita. Os demais procedimentos de análise por tipo de defeito e sua densidade, bem como aqueles localizados nos acessos aos pontos de ônibus, foram similares aos realizados para o ano de 2015.

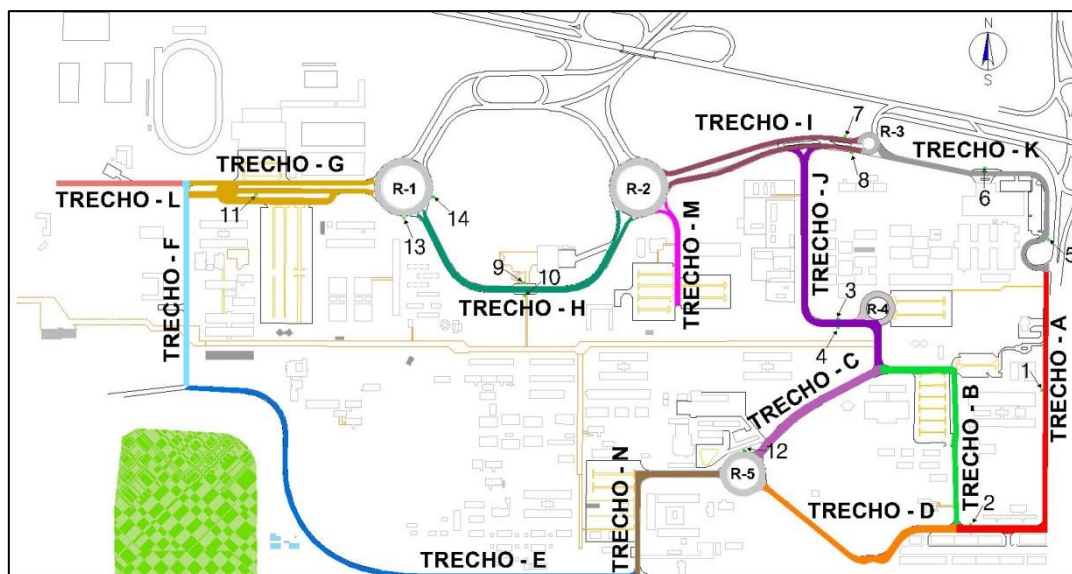


Figura 2: Indicação dos trechos da malha viária do campus da UEL no ano de 2017 e dos pontos de ônibus. Fonte: o próprio autor.

4. RESULTADOS

Um resumo dos defeitos de 2015 é apresentado nas Figuras 3 a 5. Entre os defeitos apresentados, observa-se que o defeito de trincas por fadiga aparece em todos os trechos. O mesmo ocorre com os defeitos de trincas longitudinais e transversais e de remendos. Todos esses apresentando densidades significativas.

Apenas alguns trechos apresentam os defeitos de exsudação, trincas em bloco, trilhas de roda e intemperismo e desintegração. Embora em menor frequência, há alguns trechos que apresentam densidades consideráveis desses defeitos.

As saliências e deformações, a depressão e a deformação plástica do revestimento também aparecem em alguns trechos, porém com densidades baixas. Já o agregado polido foi observado apenas em um trecho, contudo, com densidade máxima. No geral, a maioria dos defeitos foram encontrados com severidades baixa e média.

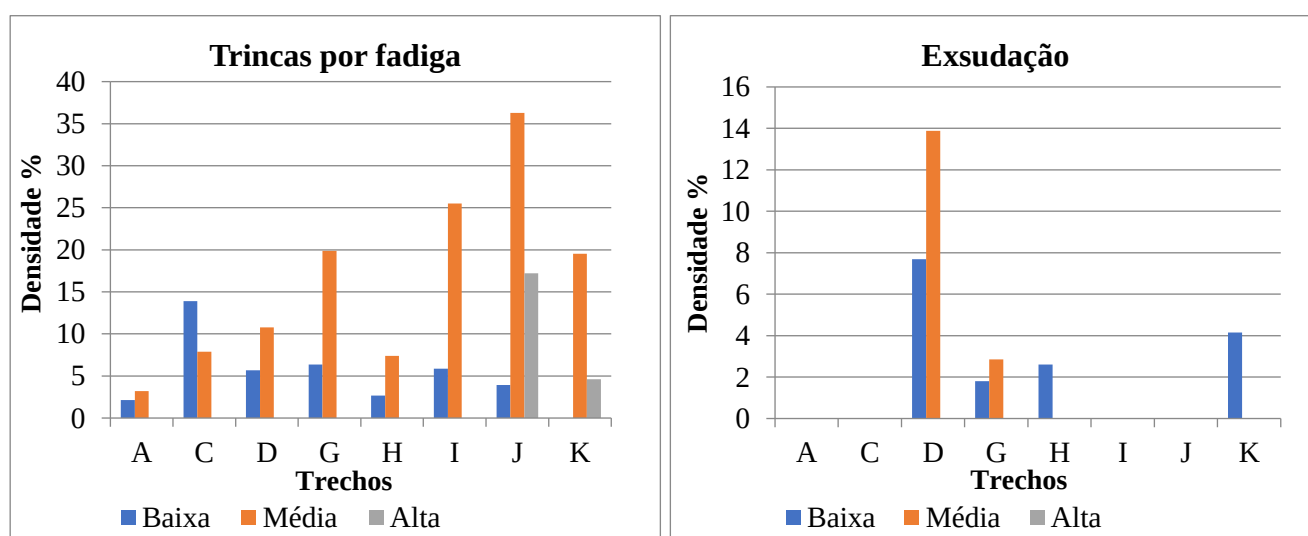


Figura 3: Resumo dos defeitos de 2015. Fonte: o próprio autor.

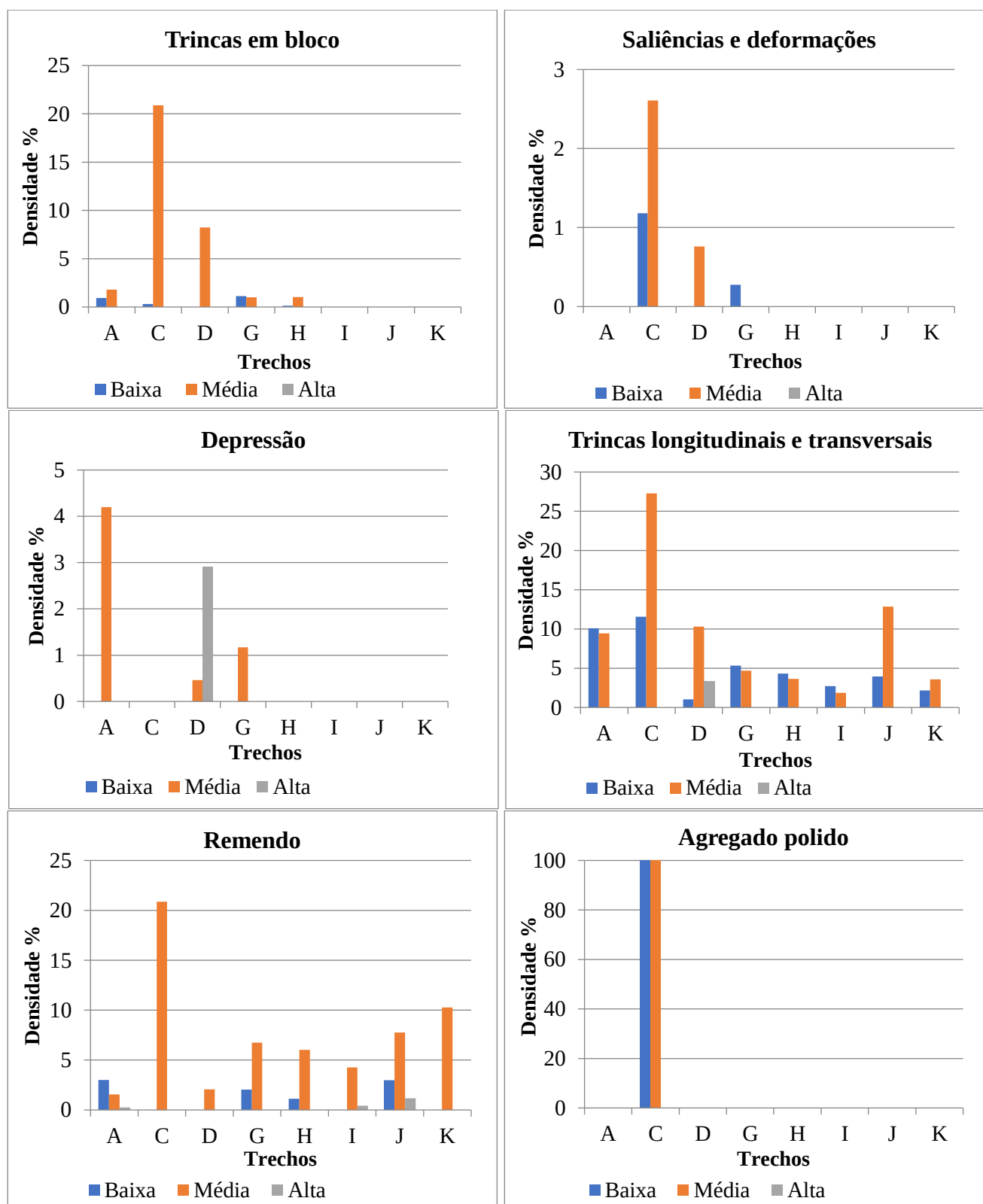


Figura 4: Resumo dos defeitos de 2015. Fonte: o próprio autor.

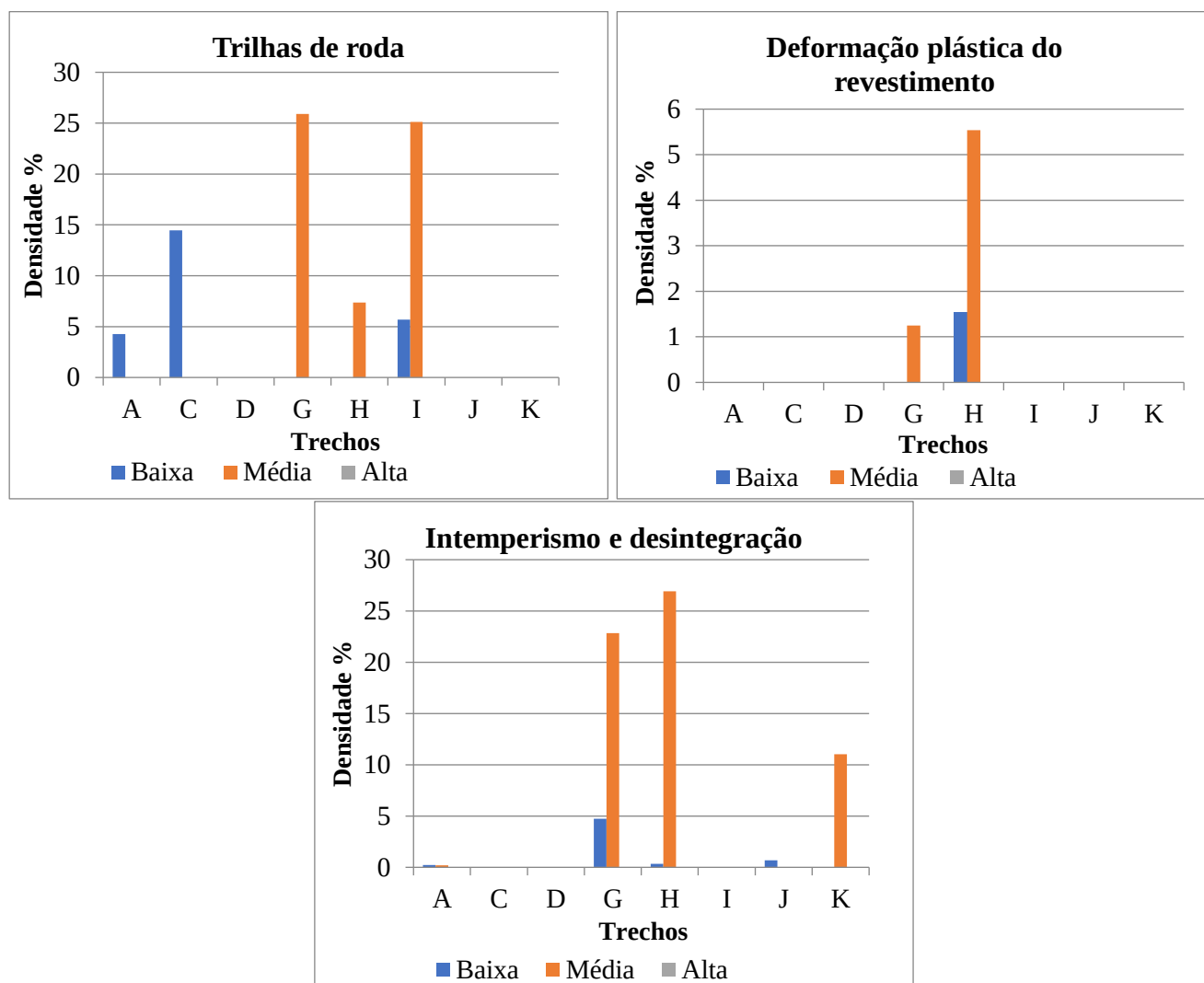


Figura 5: Resumo dos defeitos de 2015. Fonte: o próprio autor.

É importante ressaltar que, para os dados de 2015, não foi possível analisar o defeito do tipo painelas devido uma inconsistência observada nos dados relativos a esta deterioração. Também vale ressaltar que, os defeitos que apresentaram densidades menores que 1% foram desconsiderados, visto a sua densidade ser tida como desprezível.

De forma a complementar as análises dos defeitos feitas por trechos, um exame específico foi feito nas UAs que davam acesso aos pontos de ônibus situados nas vias analisadas. Na Figura 6 são apresentados os dados resumidos por tipo de defeito encontrados nos pontos de ônibus 1 a 11. Na maioria dos pontos foram encontradas trincas por fadiga e trincas longitudinais e transversais, prevalecendo os defeitos em severidade média. As trincas por fadiga, porém, foram observadas em densidades maiores.

Em alguns pontos foram observados os defeitos de remendo, trilhas de roda e intemperismo e desintegração, prevalecendo a severidade média. Dentre eles, as trilhas de roda apresentaram densidades consideráveis.

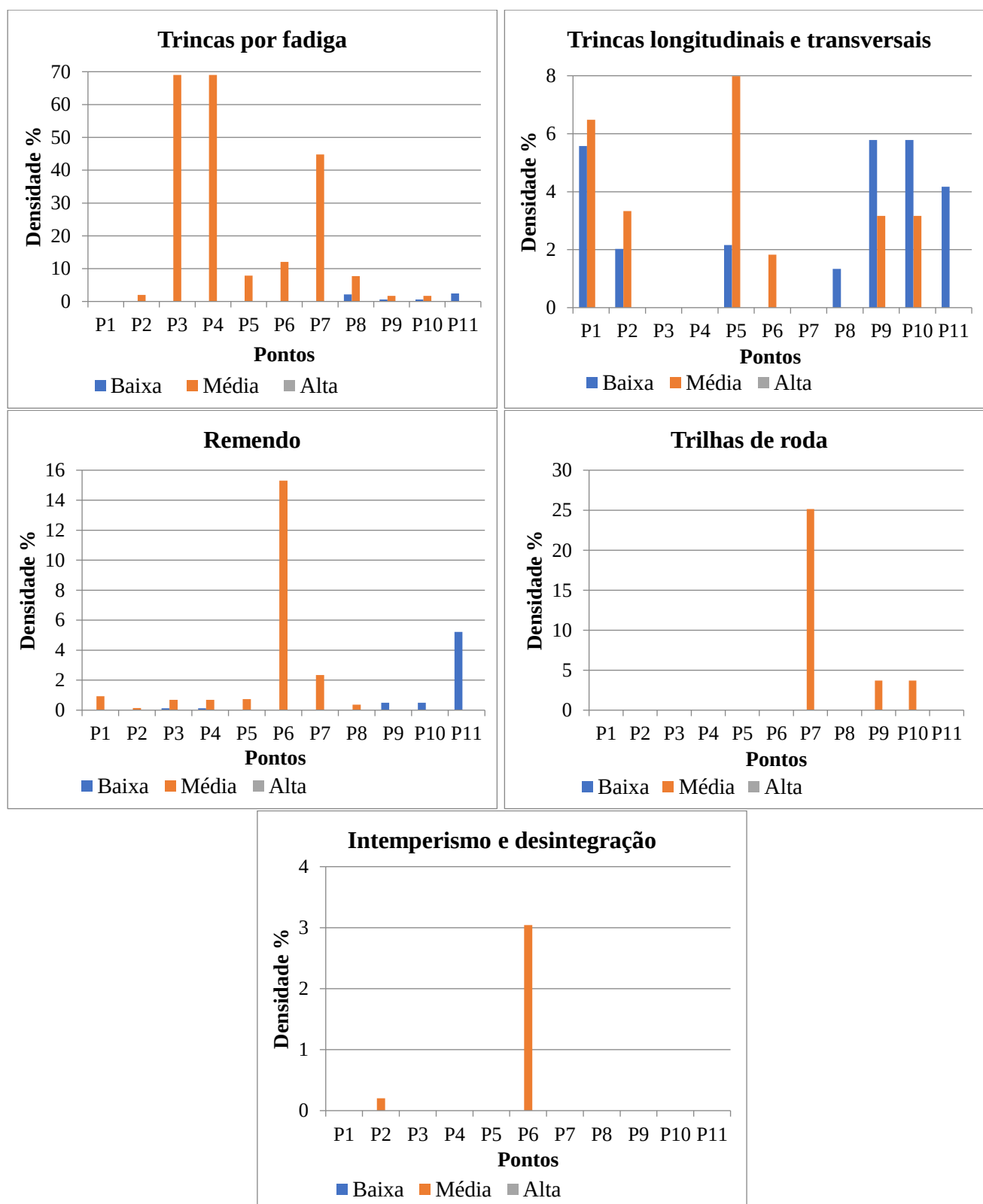


Figura 6: Resumo dos defeitos em pontos de ônibus (2015). Fonte: o próprio autor.

Para os resultados de 2017 análises similares foram realizadas, portanto nas Figuras 7 e 8 seguem os dados médios dos tipos de defeitos encontrados no levantamento realizado no ano de 2017. O único defeito que ocorreu em todos os trechos foi o intemperismo, onde prevaleceram as severidades baixa e média, além de apresentar densidades altas. Os defeitos de trincas por fadiga, trincas longitudinais e transversais e desintegração apareceram na maioria dos trechos, com densidades significativas e com

os três tipos de severidade. Os defeitos de remendo e panelas também estavam presentes na maioria dos trechos, porém com densidades menores.

O restante dos defeitos apareceu apenas em alguns trechos. Dentre eles, trincas em bloco e depressão ocorreram mais regularmente. As trincas de borda e as trilhas de roda apareceram com densidades significativas e, principalmente, com severidade baixa.

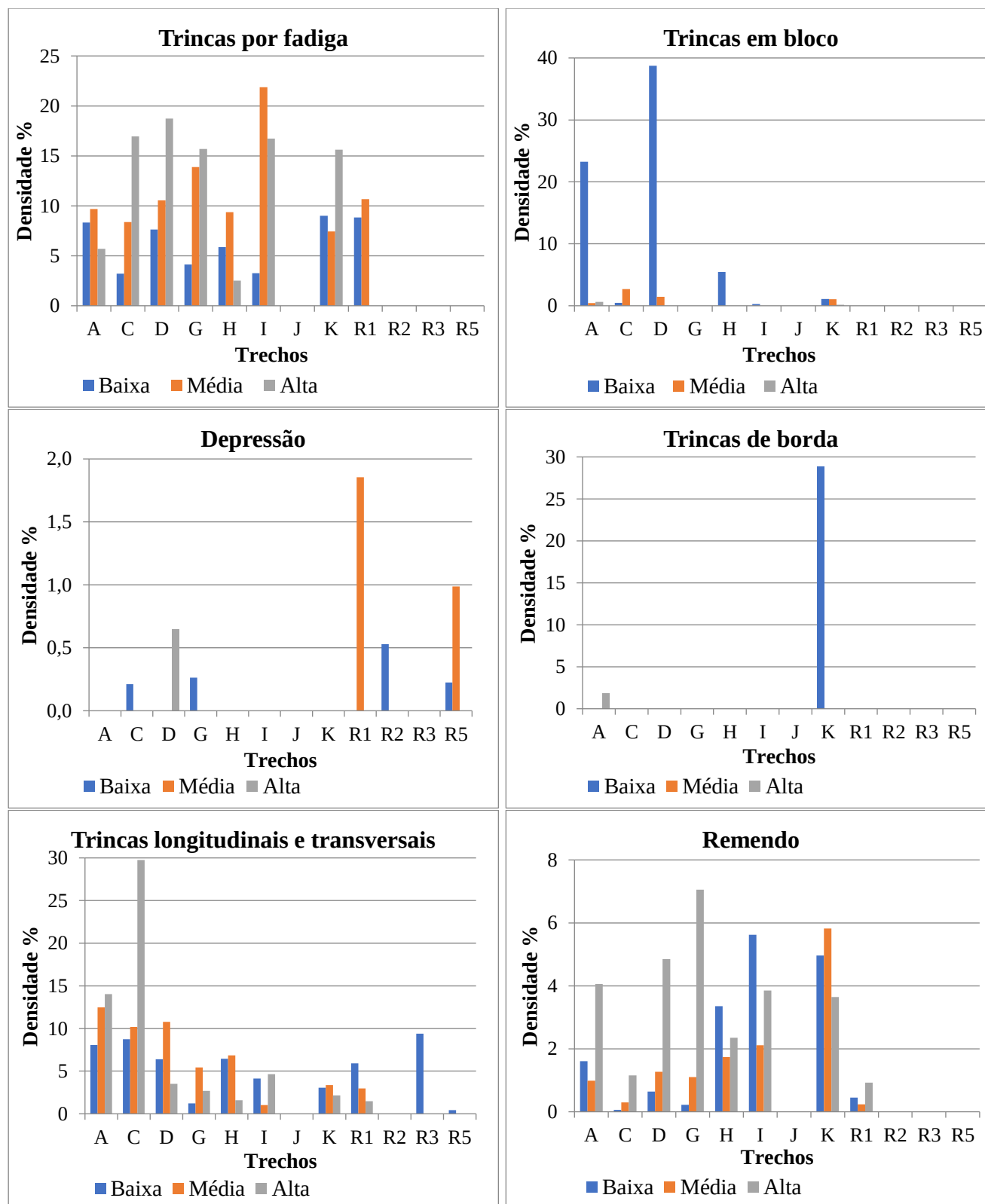


Figura 7: Resumo dos defeitos de 2017. Fonte: o próprio autor.

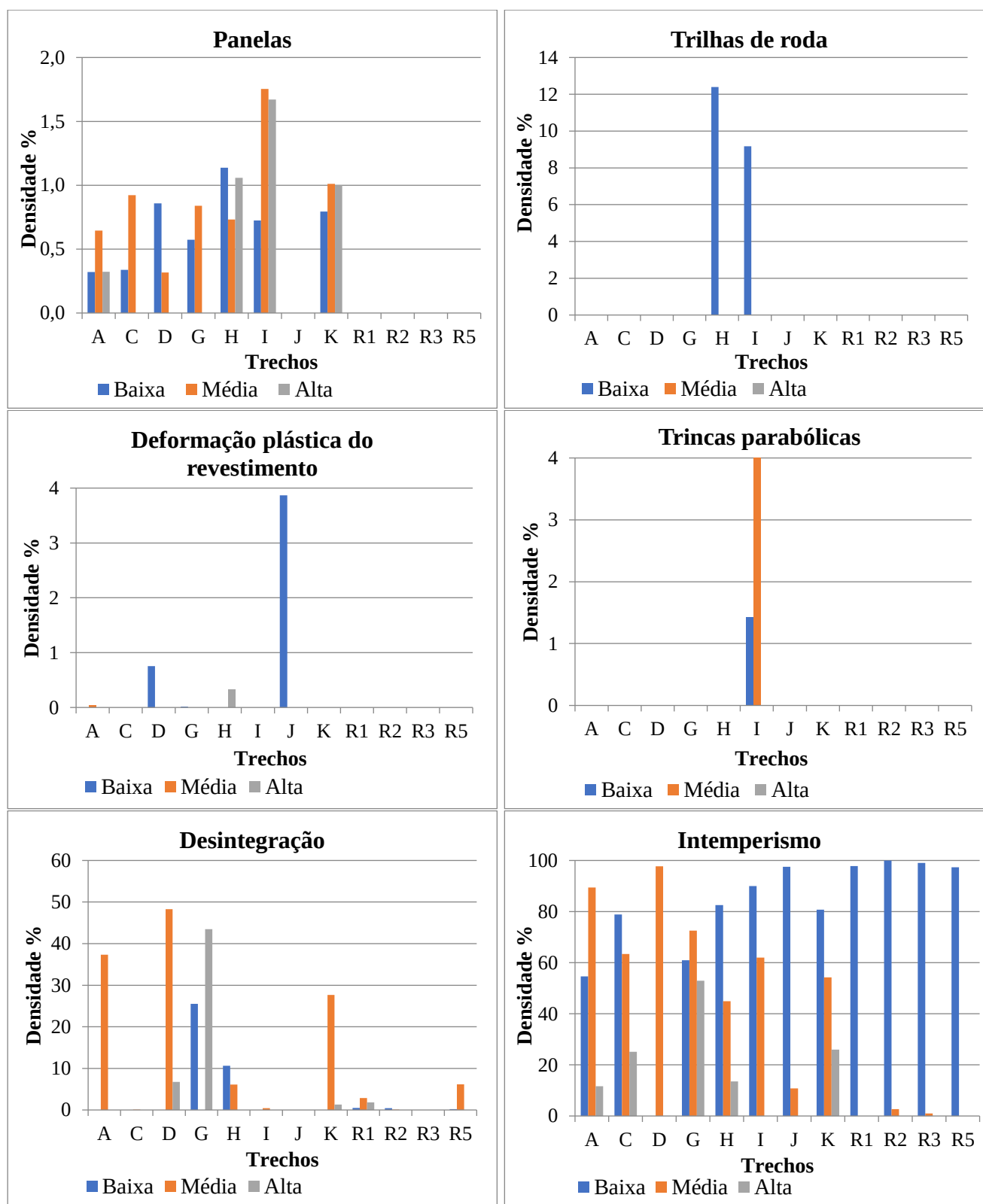


Figura 8: Resumo dos defeitos de 2017. Fonte: o próprio autor.

Ainda considerando os dados do ano de 2017, nas Figuras 9 e 10 são apresentadas as informações por tipo de defeito encontrados nos pontos de ônibus 1 a 14. Observa-se que a maioria dos pontos apresentou os defeitos de trincas por fadiga, trincas longitudinais e transversais e intemperismo, com densidades elevadas. Dentre esses, prevaleceram as severidades baixa e média, apesar de ocorrer

severidade alta. O remendo também aparece na maioria dos pontos de ônibus, porém com densidades menores.

Os defeitos de depressão, painéis e trilhas de roda foram constatados em alguns pontos, e com densidades baixas. A desintegração também foi observada apenas em alguns trechos, porém apresentando densidades elevadas.

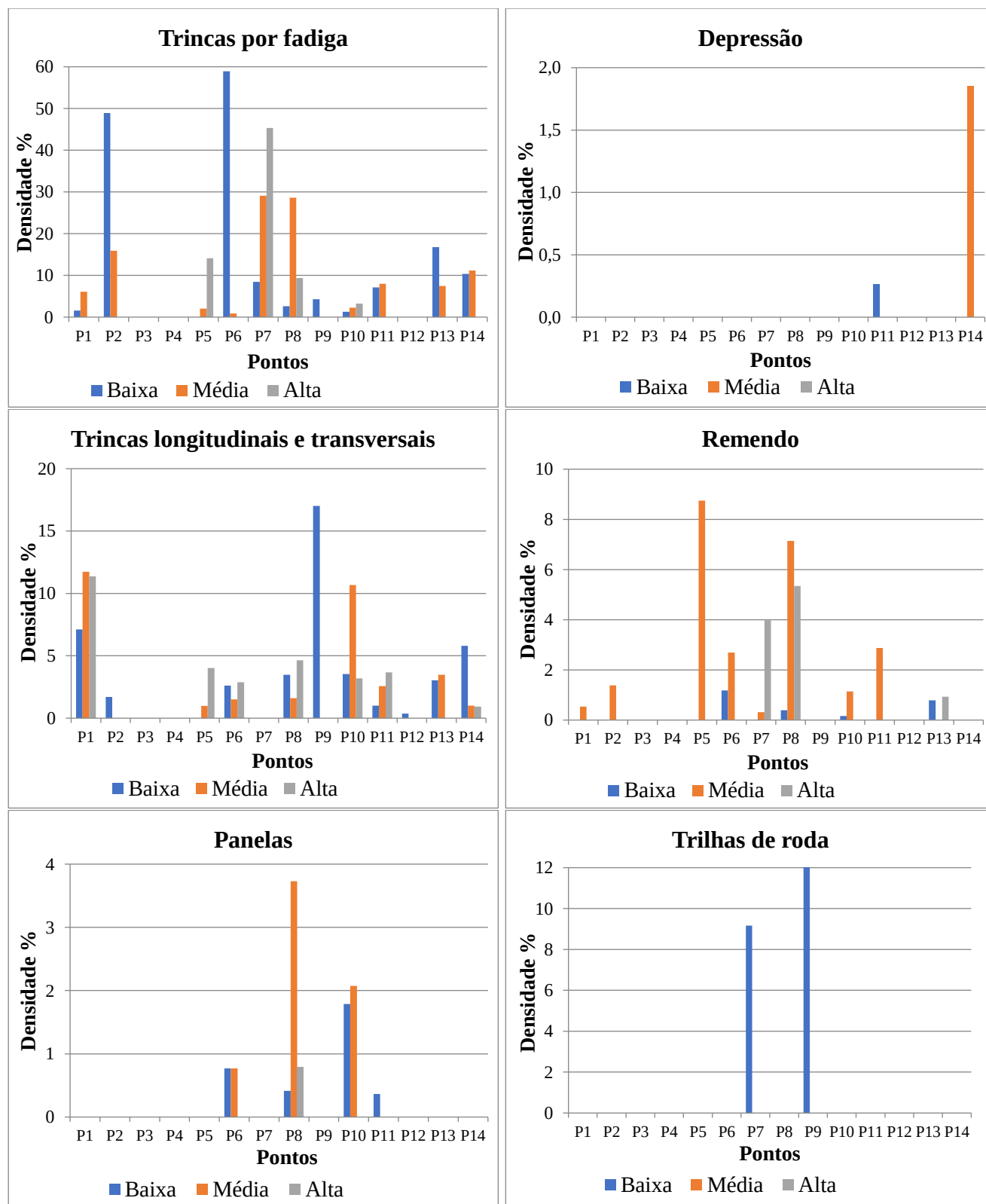


Figura 9: Resumo dos defeitos nos pontos de ônibus (2017). Fonte: o próprio autor.

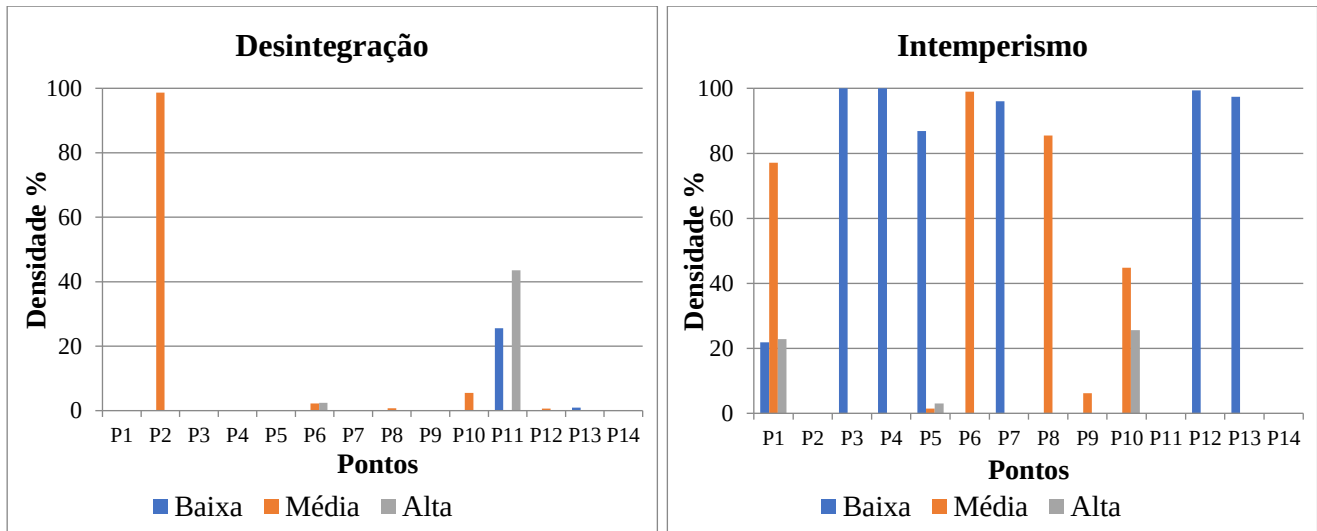


Figura 10: Resumo dos defeitos nos pontos de ônibus (2017). Fonte: o próprio autor.

Pode-se observar que, no geral, os defeitos comuns a ambas avaliações aumentaram sua recorrência, densidade ou severidade de 2015 para 2017. Dentre os defeitos associados às cargas de tráfego, as trincas por fadiga aumentaram sua recorrência e severidade. Já as trilhas de roda e a deformação plástica do revestimento foram menos recorrentes em 2017, o que já era esperado tendo em vista a idade do pavimento. O defeito que apresentou um aumento significativo na sua frequência foi o de desintegração e intemperismo, porém eles não são causados unicamente pelas cargas de tráfego.

Para os pontos de ônibus o comportamento foi similar. Além de aumentar a quantidade de tipos de defeito, no geral, os defeitos já existentes agravaram suas severidades, apesar de a densidade continuar na mesma ordem. O principal defeito foi o de trincas por fadiga, que além de estar associado à carga de tráfego, pode sofrer um agravamento devido à grande ocorrência de frenagem no local.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, pôde-se observar que em um pavimento submetido a esforços por tráfego de veículos pesados, os defeitos nele contido apresentam um agravamento com o passar do tempo. Bem como, essa ação pode acarretar a ocorrência de novos tipos de defeito.

Neste estudo, os defeitos que ocorreram na maioria das faixas dos pavimentos influenciadas pelo tráfego de transporte coletivo por ônibus foram as trincas por fadiga, as trincas longitudinais e transversais, a desintegração e o intemperismo. Nos acessos aos pontos de ônibus, os defeitos que apresentaram maior frequência e representatividade foram as trincas por fadiga, as trincas longitudinais e transversais, a desintegração e o intemperismo. Notou-se com destaque o defeito intemperismo nos dados da avaliação do ano de 2017.

Dentre as deteriorações observadas, aquelas que apresentaram um aumento notável na evolução foram as trincas por fadiga, que estão associadas diretamente às cargas de tráfego, e a desintegração e intemperismo, relacionados às tensões de cisalhamento causadas pelo tráfego. Nesta pesquisa, constatou-se que esses defeitos tiveram um aumento de severidade e de densidade com o passar dos dois anos.

O conhecimento das principais deteriorações nas vias sujeitas ao tráfego do transporte coletivo por ônibus torna-se importante para que o tratamento e recuperação dos pavimentos viários sujeitos a tal tráfego possam ocorrer de maneira eficiente. Muitas vezes as vias não estão projetadas para receber esse tráfego, e dessa forma passam a apresentar uma acelerada deterioração ao longo do tempo, prejudicando a funcionalidade da via e exigindo manutenções mais frequentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Londrina (UEL) pela infraestrutura e pela bolsa de IC, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio à pesquisa (processo nº 408409/2016-9), bem como aos participantes dos levantamentos de defeitos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, J. F. **Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade do pavimento**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ASTM D6433-16. **Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**. ASTM International, 2016.

DNIT. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. Report FHWA-RD-03-031. Northern Virginia, 2003.

GIBBY, R.; DAWSON, R.; SEBAALY, P. **Local Urban Transit Bus Impact on Pavements**. Journal of Transportation Engineering, 1996.

OLIVEIRA, J, J. **Experiência de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em Cidade de Médio Porte – Estudo de Caso: Anápolis-GO**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RAMOS, M. C. **Avaliação de Uma Escala Visual na Classificação da Condição de Pavimentos Flexíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RAMOS, M. C.; FONTENELE, H. B. **Utilização de escala visual para avaliação de pavimentos em campus universitário**. In: XXV Encontro Anual de Iniciação Científica. Londrina: UEL, 2016.

SONCIM, S. P. **Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos asfálticos com base em dados da rede de rodovias do Estado da Bahia**. 2011. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.