

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA EM FUNÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO CEARÁ

Nayara Oliveira Gurjão
Fernanda Silva Moreira
Sarah Lays Saraiva Granjeiro
Lucas Cavalcante de Almeida
Centro Universitário Christus

RESUMO

O presente estudo tem como fim analisar a influência dos índices pluviométricos na condição de conservação das rodovias federais que atravessam o estado do Ceará, usando como balizador o Índice de Condição e Manutenção (ICM). Para tal, analisou-se dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) para 8 rodovias federais, coletados de abril a dezembro de 2019. Os dados foram tratados pelo Minitab e Excel, gerando gráficos *BoxPlot* para cada via, avaliando a distribuição e os possíveis *outliers*, relacionando tais dados com os índices pluviométricos disponibilizados pela Funceme (2019). Assim, observou-se que em meses de maior incidência chuvosa, o valor de ICM aumenta, sinalizando uma maior degradação da via no período chuvoso. Destarte, conclui-se que a precipitação pode influenciar diretamente na qualidade do pavimento, influenciando no surgimento de panelas e trincas, crescimento de vegetação, além de problemas relacionados à visibilidade das sinalizações horizontais e à drenagem viária, quando mal executada.

ABSTRACT

This study aims to analyze the influence of rainfall indexes on the condition of conservation of the federal highways that cross in Ceará, using the Condition and Maintenance Index (CMI) as a guide. To this end, it analyzed the data provided by the National Department of Infrastructure and Transport (DNIT) for 8 federal highways, collected from April to December 2019. The data were treated by Minitab and Excel, generating *BoxPlot* graphs for each road, evaluating the distribution and the possible outliers, relating such data to the rainfall indexes provided by Funceme (2019). Thus, it was observed that in months of higher rainy incidence, the value of CMI increases, signaling a greater degradation of the road. Thus, it is concluded that a transformation directly influences the quality of the pavement, since the deterioration of the roads increases in the rainy season, in which there is the appearance of potholes and cracks, in addition to problems related to road drainage, when poorly executed.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da importância do transporte rodoviário para o desenvolvimento nacional, as rodovias brasileiras possuem elevado grau de deterioração. As condições da malha rodoviária é um dos principais pontos que pode prejudicar a competitividade de mercado, pois pode causar um aumento no custo operacional veicular, podendo ser repassado à mercadoria transportada (CNT, 2019).

Isto posto, urge a necessidade de uma gestão eficiente da matriz de transportes, buscando melhorar as condições de trafegabilidade das vias, (BERNUCCI *et al.*, 2008). Ademais, segundo Wang, *et al.* (2020), as condições da estrutura de pavimentação, bem como seu desempenho e vida útil, estão associadas a sua execução, e devem conter materiais e técnicas eficientes, e às intempéries climáticas, tendo em vista que essas estruturas não podem apresentar contato direto com água, a não ser que sejam dimensionadas para tal.

Assim, a presente pesquisa dedica-se ao estudo do Índice de Condição da Manutenção (ICM), o qual atua como balizador para mensurar as condições gerais das vias (englobando defeitos na superfície, drenagem, sinalização e roçada), visando identificar as manutenções necessárias. Desta forma, este trabalho tem o objetivo de analisar as circunstâncias pluviométricas do estado do Ceará, e relacioná-las aos valores de ICM.

2. ÍNDICE DE CONDIÇÃO DE MANUTENÇÃO (ICM)

Existem alguns métodos para analisar as condições das rodovias, dentre eles está a avaliação estrutural (medição da capacidade suporte da via e como suas camadas irão responder às cargas impostas) e a avaliação funcional, sendo esta responsável por quantificar a serventia da rodovia, sendo este último objeto deste estudo. Essas avaliações são parâmetros de escolha para o momento de intervenção corretiva ou reforço da estrutura (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Nesse contexto, o Índice de Condição de Manutenção (ICM), possui o propósito de caracterização da superfície do pavimento, sendo o principal estudo que influencia na segurança do usuário e na conservação qualitativa da rodovia, abrangendo as condições do sistema de drenagem, sinalização e roçada. Além disso, o ICM serve de parâmetro para acompanhar ações preventivas e corretivas realizadas na malha rodoviária, atuando como balizador para as manutenções devidas, permitindo a identificação das deficiências de cada rodovia (DNIT, 2017).

Para levantamento de campo, o ICM avalia os dois grupos de atividades, classificados em: (i) superfície do pavimento e (ii) conservação da rodovia. Para o primeiro critério de estudo, o número de painelas, a quantidade de remendos e o percentual de trincas, atuam como os parâmetros que devem ser avaliados. Já a categoria conservação da rodovia analisa: a roçada, na qual compreende a vegetação que nasce nas laterais da via, as sinalizações horizontais e verticais e os elementos de drenagem da rodovia, como mencionado por DNIT (2017).

Um dos requisitos básicos para se fazer o levantamento do ICM, de acordo com DNIT (2017), seria de trafegar na via em estudo sob um veículo dotado de velocímetro e odômetro, visto trafegando a uma velocidade média de 40 km/h. As observações são registradas em uma planilha ou tablet de forma manual, sendo esta atividade de responsabilidade técnica. Além disso, o levantamento deve ser feito em condições climatológicas adequadas, como: não ser feita a verificação em dias chuvosos e/ou nublados e estarem em boa condição de visibilidade, evitando o começo do dia e o pôr do sol. Findado o levantamento em campo dos defeitos e dos elementos de conservação da rodovia (roçada, sistema de drenagem e condições de sinalização), segue-se para o cálculo do ICM, conforme os critérios apresentados no Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos Parâmetros Mensurados no Cálculo do ICM. (Adaptado de DNIT, 2017)

Parte 1 – Classificação da Severidade dos Defeitos				
Itens Analisados	Bom	Médio	Alto	Unidade
Panela	Até 2	3,4 ou 5	Maior que 5	Quantidade/km
Remendo	Até 2	3,4 ou 5	Maior que 5	Quantidade/km
Trincamento	Trincamento < 10%	10% < Trincamento < 50%	Trincamento > 50%	% da área
Parte 2 – Classificação do Estado de Conservação da Via				
Itens Analisados	Bom	Regular	Ruim	
Roçada	Vegetação rasteira com altura máxima de 30 cm.	Vegetação acima de 30 cm, mas que não afeta a visibilidade da sinalização vertical.	Vegetação alta que afeta a visibilidade da sinalização vertical.	
Drenagem	Dispositivos superficiais íntegros e caídos	Dispositivos superficiais com quebras localizadas e sem caiação.	Dispositivos quebrados ou ausentes.	
Sinalização	Elementos verticais e horizontais visíveis e em	Elementos verticais e horizontais parcialmente faltantes e	Elementos verticais e horizontais faltantes e	

	boas condições.	desgastados.	desgastados.
--	-----------------	--------------	--------------

De acordo com DNIT (2017), o cálculo do ICM é feito através da equação 1 na qual estão relacionados com os defeitos da rodovia.

$$ICM = IP \times 0,7 + IC \times 0,3 \quad (1)$$

em que ICM: Índice de Condição de Manutenção;
IP: Índice do Pavimento;
IC: Índice de Conservação.

O cálculo dos índices IP e IC são apresentados nas equações 2 e 3, respectivamente.

$$IP = P_{\text{panelas}} \times 50 + P_{\text{remendos}} \times 30 + P_{\text{trincamento}} \times 20 \quad (2)$$

$$IC = P_{\text{sinalização}} \times 50 + P_{\text{roçada}} \times 30 + P_{\text{drenagem}} \times 20 \quad (3)$$

Destaca-se que os valores para as parcelas das equações 2 e 3 são apresentados no Tabela 2, bem como a classificação do ICM de acordo com o valor obtido na equação 1.

Tabela 2: Parâmetro para o Cálculo do ICM. (DNIT, 2017)

Parte 1 – Frequência Relacionada ao Índice do Pavimento (IP)			
	Baixo	Médio	Alto
Panela	0,25	0,5	1
Remendo	0,25	0,5	1
Trincamento	0,25	0,5	1
Parte 2 – Frequência Relacionada ao Índice do Conservação (IC)			
	Bom	Regular	Ruim
Roçada	0,25	0,5	1
Drenagem	0,25	0,5	1
Sinalização	0,25	0,5	1
Parte 3 – Classificação do ICM			
Faixa	Condição		
ICM < 30	Bom		
30 ≤ ICM < 50	Regular		
50 ≤ ICM < 70	Ruim		
ICM ≥ 70	Péssimo		

A partir da equação 1 que a condição do pavimento consiste em 70% do valor de ICM e a conservação da via consiste em 30%. É importante destacar a importância dos sistemas de drenagem de água nas condições de manutenção de uma rodovia, pois está diretamente ligado aos índices pluviométricos da região. Segundo Qiao *et al.* (2020a), com fortes chuvas e inundações as camadas ficam submersas, afetando desta forma, os níveis de umidade no pavimento e, conseqüentemente, a sua resistência às cargas aplicadas, tendo em vista que a estrutura não deve receber a influência de água.

Nesse contexto, Fattori (2007) afirma que chuvas intensas favorecem o desenvolvimento de processos erosivos, ocasionando o carregamento de fino das pistas marginais, e o crescimento de vegetação de pequeno porte na faixa de domínio, prejudicando a visibilidade do motorista e a pista de rolamento como um todo. Desse modo, dada a importância desse parâmetro à manutenção da via, faz-se necessário compreender o regime pluviométrico do local que a via se encontra, subsidiando, assim, o correto dimensionamento dos elementos de drenagem.

2.1. Influência da Precipitação no Estado de Conservação das Rodovias

Uma das principais causas de falha precoce no pavimento está relacionada a ação das águas. Ariza e Birgisson (2002) apontam que a água no sistema de pavimento pode causar danos ao revestimento e redução da resistência das camadas da estrutura, sendo estas base, sub-base e reforço do subleito, quando necessário. Tais efeitos podem ser reduzidos com uma drenagem adequada, impedindo que a água percole pelo pavimento, ou mesmo a construção de uma estrutura que resista simultaneamente os efeitos das cargas e água na superfície.

Nesse contexto, segundo Berntsen e Saarenketo (2005), a água pode ter contato com o pavimento através das precipitações, infiltrações no maciço pelas laterais da estrutura, capilaridade por meio dos vazios do solo, além da absorção pela neve derretida em locais com estações mais frias, como ilustrado na Figura 1.

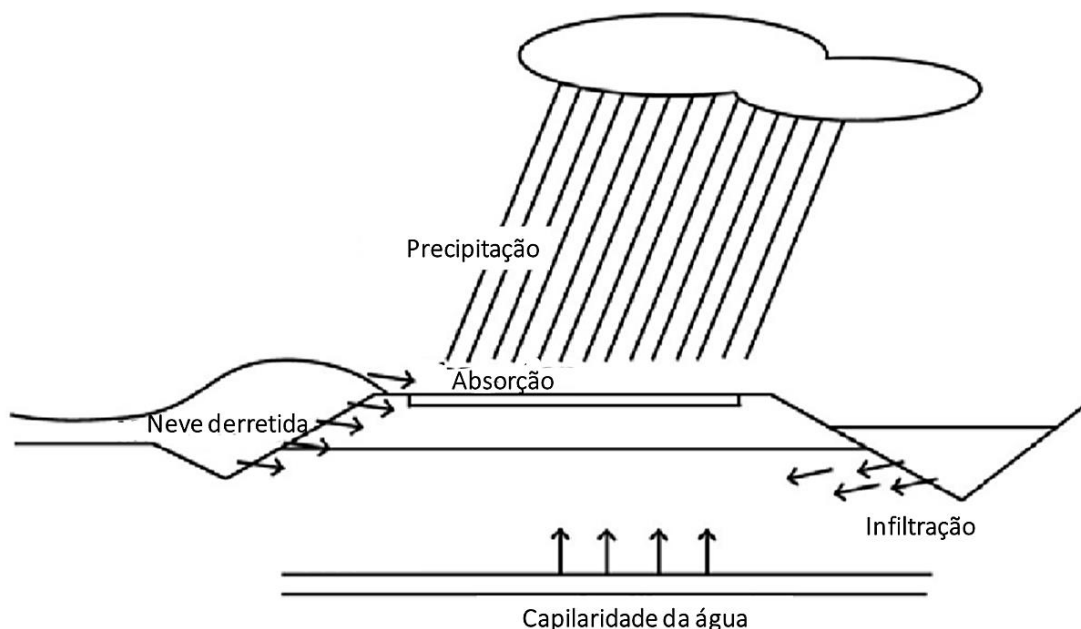


Figura 1: Principais fontes de água na estrutura do pavimento (Adaptado de Berntsen e Saarenketo, 2005).

Destaca-se que o aumento da saturação do material granular está relacionado a um aumento da poro-pressão, afetando a capacidade de suporte do solo, podendo influenciar ainda nas suas propriedades de deformação e resiliência. Desta forma, as camadas afetadas pela presença da água não respondem de maneira significativa às cargas aplicadas na superfície, assim, as deflexões no revestimento do pavimento tornam-se maiores, pois ele não é amortecido pelas subcamadas, podendo intensificar e acelerar os defeitos na estrutura. Tal cenário favorece o surgimento de trincas e panelas, diminuindo desse modo a serventia do pavimento (BERNTSEN e SAARENKETO, 2005; QIAO *et al.*, 2020a).

Assim, a importância da compreensão da ação da água na estrutura do pavimento torna-se ainda mais fundamental quando se considera os efeitos das mudanças climáticas. Dawson (2015) aponta que os incrementos de temperatura registrados em todo o globo impactam diretamente o regime pluviométrico das regiões, podendo apresentar, em alguns países, chuvas mais

intensas e frequentes.

Nesse contexto, Qiao *et al.* (2020a), Dawson (2015) e Qiao *et al.* (2020b) apontam que a precipitação afeta diretamente o ciclo de vida do pavimento, pois aumenta sua taxa de deterioração, demonstrando a importância das práticas de gestão da qualidade das vias se adaptarem à esse cenário. Isto posto, fica evidente a importância do ICM ao considerar os fatores climáticos, haja vista que ao classificar o estado de conservação da via, busca-se mitigar os efeitos deletérios dos descuidos quanto à sua manutenção e uso, bem como a ação da chuva no sistema do pavimento.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Foi realizado um comparativo do valor calculado do ICM, coletado durante 9 meses do ano de 2019, o qual será comparado mensalmente para cada rodovia e, a partir dessas variações, procedeu-se uma análise, utilizando-se de gráficos de caixas, nos segmentos estudados com os períodos chuvosos. Para tal, a análise de 8 rodovias federais que cruzam o estado do Ceará, conforme delimitação apresentada na Figura 2.



Figura 2: Delineamento da pesquisa

As rodovias estudadas contam com elevado tempo em serviço, algumas delas foram iniciadas no século XX, passando por ampliações e manutenções no decorrer dos anos. É evidente que alguns mecanismos para melhoramento da drenagem ou procedimentos para aumentar a durabilidade da estrutura não eram considerados. Tendo em vista a importância dessas vias, por conectar diversas cidades pelo Brasil, é necessário atentar-se para novas técnicas e aprimoramento de suas estruturas.

Os dados de ICM utilizados neste trabalho foram cedidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e compreendem a média de ICM por rodovia estudada dos meses de abril a dezembro de 2019, tendo em vista que não foram obtidos valores de ICM dos meses de janeiro a março. Além disso, destaca-se que todas as rodovias são de pista simples.

Os valores de ICM disponibilizados foram tratados nos *softwares* Excel 2007 e Minitab Project

17. Para a classificação dos valores obtidos utilizou-se a escala de referência do DNIT (2017). Quanto à coleta dos índices pluviométricos, utilizou valores médios mensais de precipitação no ano 2019 do estado do Ceará, disponibilizado pela Funceme (2019).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram analisadas as relações existentes entre os valores médios de ICM, obtidos por BR e por mês, com a média entre as BR, e os índices pluviométricos mensais, utilizando-se a média do ano de 2019 adquiridos no site da Funceme (2019). Demonstrando, desta forma, a qualidade de conservação das vias com os parâmetros utilizados pelo ICM e a influência das precipitações no estado de conservação das vias. Isto posto, apresenta-se na Figura 3a pluviometria média de 2019 de cada município cearense, além da localização das vias analisadas no presente estudo em mapa (Figura 3b) disponibilizado pelo DNIT.

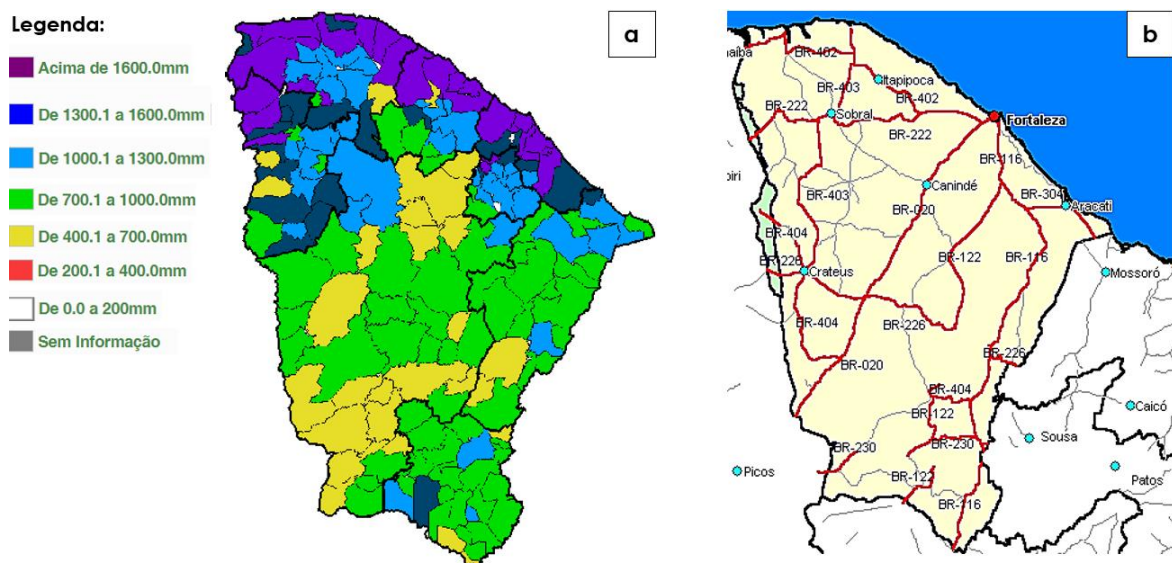


Figura 3: Índices pluviométricos por Município (a) e Rodovias do estado do Ceará (b)

Observa-se na Figura 3a que o estado do Ceará apresentou precipitação média de 845,9 mm, no qual a maior parte dos seus municípios apontaram precipitações entre 700mm e 1.000mm, e apenas os que estão localizados no litoral norte registram chuvas superiores a 1.600mm. Portanto, o sistema de drenagem das águas superficiais pode ser influenciado pela localização da rodovia, pois locais de maiores precipitações demandam sistemas de drenagem mais robustos.

A Tabela 3 representa o ICM obtido para cada via durante os 9 meses, em conjunto com a média anual do índice.

Tabela 3: Média de ICM por Rodovia (Autores, 2020).

Meses	Valores de ICM - Por Rodovia							
	BR-020	BR-116	BR-122	BR-222	BR- 226	BR-304	BR-403	BR-404
Abril	35,89	30,17	61,45	21,16	23,08	21,77	36,68	23,13
Maio	33,39	23,89	42,02	15,11	22,69	20,88	59,00	19,74
Junho	30,78	20,49	46,23	16,76	25,16	16,27	31,23	16,52
Julho	21,17	25,96	44,96	15,19	18,04	15,91	12,75	17,46
Agosto	29,85	24,25	42,46	15,31	27,80	15,28	18,31	18,01
Setembro	24,12	18,81	39,91	13,22	25,42	14,57	21,35	12,98
Outubro	23,45	18,41	36,45	13,40	17,39	15,85	19,17	15,69
Novembro	23,70	19,03	39,72	13,44	17,51	15,27	20,76	16,16
Dezembro	24,74	19,65	35,42	12,66	15,16	12,87	16,41	11,98
Média Anual	27,45	22,30	43,18	15,14	21,36	16,52	26,18	16,85
Desvio Padrão	4,85	3,80	7,27	2,46	4,18	2,74	13,55	3,16
Coef. de Variação	18%	17%	17%	16%	20%	17%	52%	19%

Ante o exposto na Tabela 3, tem-se que os primeiros meses analisados têm valores maiores, além disso, a BR-122 apresentou os valores mais elevados de ICM em todos os meses, em comparação com as demais vias. Portanto, a maioria das vias é classificada com conceito bom, tendo em vista seu valor de ICM variando entre 0 e 30.

Os valores de desvio padrão apresentados na Tabela 3 indicam a variação entre os dados de ICM, quanto mais próximo de zero, mais homogêneos são os dados, assim, a BR-122 e, principalmente, BR-403, obtiveram maior heterogeneidade, evidenciada pelos valores de 7,27 e 13,55 de desvio padrão, estendendo a análise para o coeficiente de variação, que indica o quanto os dados ficaram distantes da média.

Na análise em questão, a BR-403 apresentou coeficiente de variação de 52%, indicando maior diferença entre os dados e com relação à média. Este resultado pode ser justificado por atividades de manutenção possivelmente realizadas devido às péssimas condições da via, com o intuito de reduzir o valor de ICM. Analisando graficamente os dados de ICM fornecidos pelo DNIT, desenvolveu-se um gráfico do tipo *BoxPlot* para avaliar a distribuição e os possíveis *outliers* dos valores calculados por trecho, segundo apresenta a Figura 4.

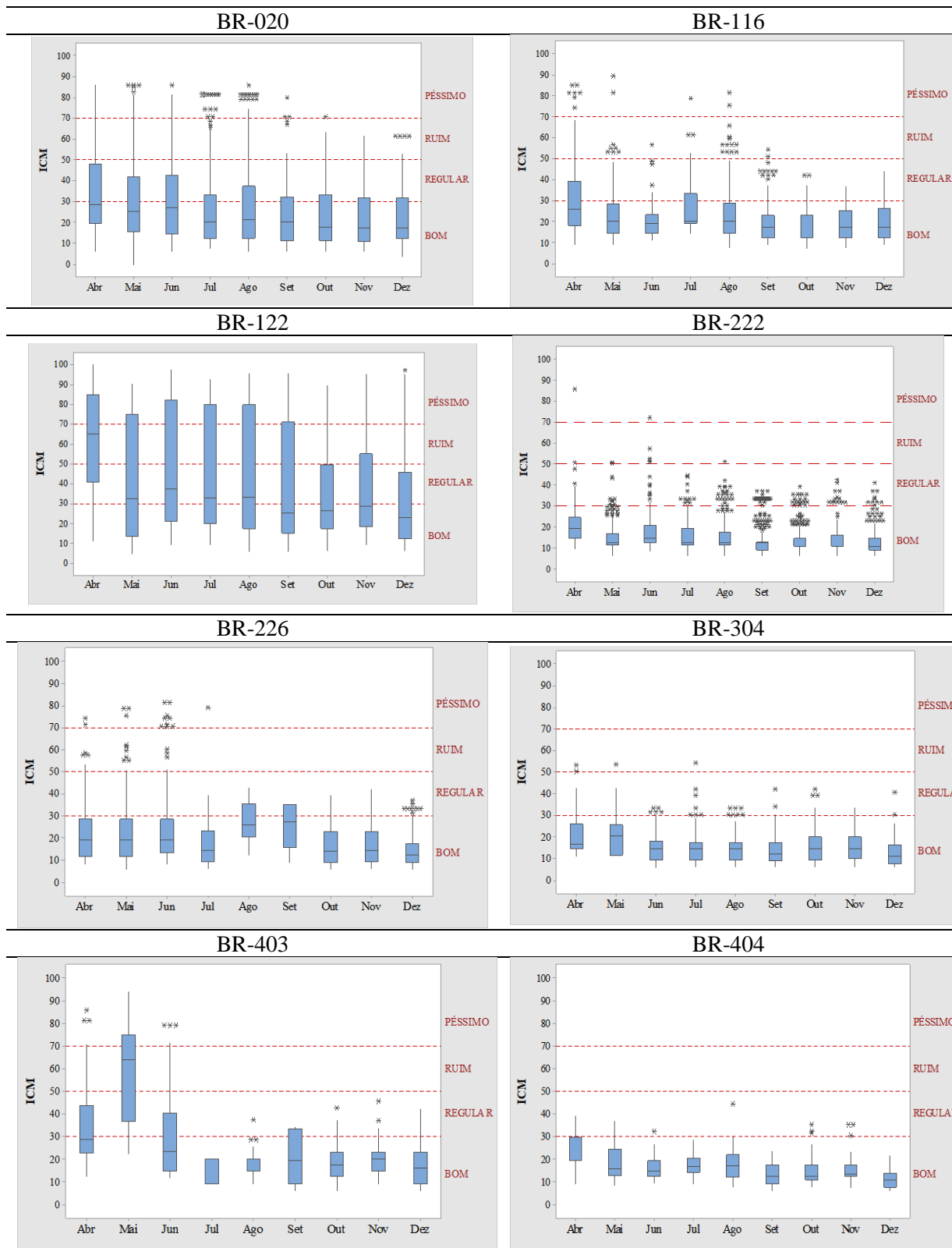


Figura 4: ICM por trecho analisado

Conforme observado na Figura 4, verificou-se que, na maioria dos meses, as vias estão classificadas com o conceito bom, apresentado poucos períodos com ICM regular na BR-020, BR-116, BR-226 e BR-403, com exceção da BR-122, na qual obteve muitos valores entre os

conceitos regular e ruim, além de uma grande variação entre seus dados. O tamanho das caixas do gráfico *Boxplot* representam esta oscilação entre os valores de ICM em cada mês, quanto menor a caixa, mais próximos os valores ficaram entre si. A presença dos *outliers* fundamentam essa inconstância, pois demonstram pontos em que os valores foram mais extremos, consequentemente, o estado de conservação da via não está adequado nestes pontos.

Os *outliers* surgiram com maior expressividade em algumas rodovias, como na BR-020 e BR-116, perdendo a frequência nos meses finais do ano. Na BR-222 estiveram presentes durante o ano inteiro, podendo representar uma rodovia que não tem manutenções e reabilitações significativas no decorrer do ano. A BR-226 apontou *outliers* no mês de dezembro e início do ano, período caracterizado pela presença de chuvas no estado, agravando, por exemplo, defeitos na superfície viária.

Contudo, é importante destacar que a BR-122, na qual apresenta a maior variação no tamanho das caixas, atravessa regiões do estado do Ceará com elevados índices pluviométricos segundo a Funceme (2019), conforme indicado na Figura 5.

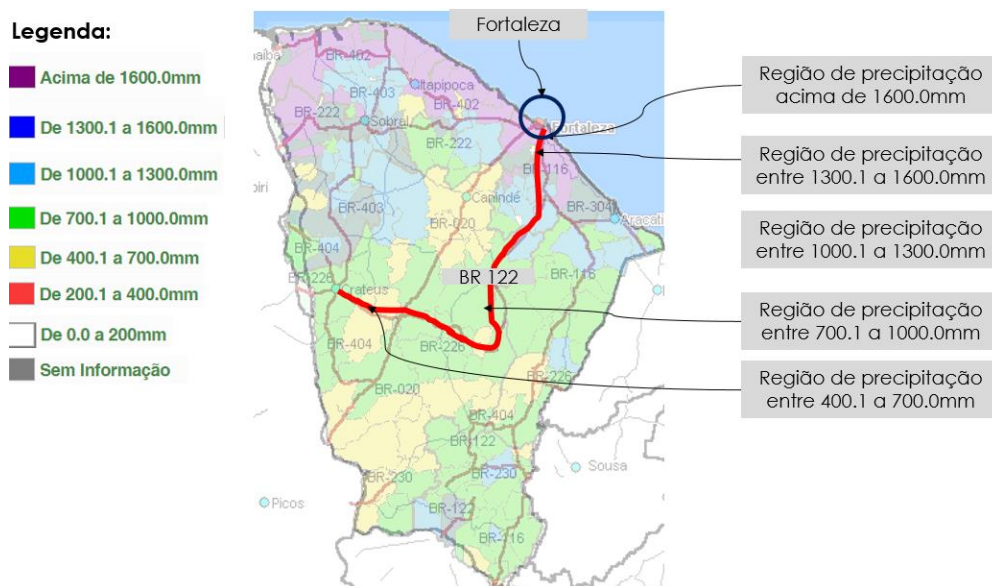


Figura 5: Índices pluviométricos e localização da BR – 122

Essa característica pode influenciar no sistema de drenagem da via, destacando sua provável insuficiência, não contribuindo para expelir a água precipitada da superfície do pavimento. No entanto, cabe acrescentar que os defeitos podem ser causados por diversos motivos, incluindo o excesso de carga no qual o pavimento é submetido, a dosagem da mistura, erros no dimensionamento da estrutura do pavimento, entre outros fatores.

Levando em consideração os efeitos da precipitação na região, a água acumulada causa uma redução na capacidade de suporte das subcamadas, provocando o aparecimento de defeitos no pavimento que majoram os valores de ICM. A Tabela 3 apresenta a classificação das vias analisadas no presente estudo em relação aos valores de ICM, utilizando a métrica estabelecida pelo DNIT (2017).

Tabela 4: Média anual de ICM e classificação

Via	Média de ICM anual	Classificação
BR – 020	27,45	Bom
BR – 116	22,95	Bom
BR – 122	43,18	Regular
BR – 222	15,14	Bom
BR – 226	21,36	Bom
BR – 304	16,52	Bom
BR – 403	26,18	Bom
BR - 404	16,85	Bom

Ante o exposto na Tabela 4, observa-se uma relação entre os gráficos *BoxPlot* apresentados e a classificação da via, haja vista que a BR-122, a qual apresentou maior variação dos *boxes*, foi a única rodovia a ser classificada com regular. A Tabela 5 representa o valor médio mensal de ICM, considerando as 8 rodovias aqui estudadas, juntamente com a média geral das precipitações por mês, dados de ano de 2019, demonstrando as maiores precipitações nos primeiros meses do ano.

Tabela 5: Média mensal de ICM e Pluviometria

Meses	Média de ICM	Classificação	Média Pluviométrica (mm)
Abril	31,67	Regular	190,20
Mai	29,59	Bom	76,60
Junho	25,43	Bom	28,00
Julho	21,43	Bom	16,30
Agosto	23,91	Bom	0,90
Setembro	21,30	Bom	2,60
Outubro	19,98	Bom	0,80
Novembro	20,70	Bom	1,90
Dezembro	18,61	Bom	10,20

Depreende-se da Tabela 5 que o mês de abril é o período que apresenta chuvas mais intensas, podendo ser relacionado ao tamanho dos *boxes* apresentados na Tabela 2. Tem-se que nesse mês, há uma maior variação nos valores registrados, culminando em *boxes* maiores, levando a uma classificação geral com regular, demonstrando, assim, a influência das chuvas no estado de conservação das vias.

Portanto, quanto maior o ICM, menor será a qualidade de conservação da via. Deste modo, os primeiros meses do ano, abril e maio, apresentaram maiores médias de ICM, coincidindo com o período chuvoso analisado, que apontou uma variação entre 75mm e 190mm, aproximadamente, além do mês de junho, com média pluviométrica de 28 mm, acima daquela apresentada nos meses que se seguiram. Em contrapartida, entre os meses de agosto a novembro, os valores de ICM ficaram em torno de 19 e 23, concordando com as menores médias pluviométricas do ano, no qual variam de 0,8 mm a 2,6 mm, com uma mínima diferença no mês de dezembro, no qual a pluviometria aumenta, indicando o início da estação chuvosa. A Figura 6 apresenta a relação entre os maiores valores de ICM e o aumento nos índices pluviométricos.

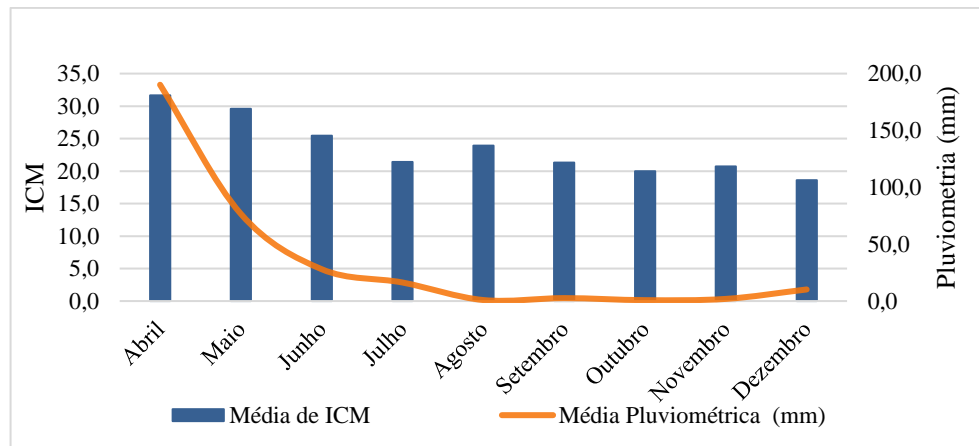


Figura 6: Relação entre a Média do ICM e Média Pluviométrica

Tem-se na Figura 6 que os valores de ICM são reduzidos ao final do ano, ou seja, há uma melhoria na qualidade da via, isso ocorre porque, geralmente, após o período chuvoso têm-se início dos processos de manutenção e reabilitação do pavimento, resultando na limpeza dos canteiros, restauração do sistema de drenagem superficial, selagem de trincas, além de remendos como solução para panelas. No entanto, este último é um defeito considerado na medição do ICM, fazendo com que ocorra o aumento do índice, apesar de apresentar menor influência do que a panela.

Vale ressaltar que não foram obtidos dados de ICM referente aos meses de janeiro, fevereiro e março, nos quais apresentam os maiores índices pluviométricos do ano, com 109 mm, 172 mm, 233,1 mm, respectivamente. Logo, é provável que os valores de ICM sejam maiores neste período, o que justifica, inclusive, o aumento do índice em dezembro, mantendo-se elevado até o mês de abril, pois este decorre dos meses anteriores.

5. CONCLUSÕES

A análise dos dados coletados no presente estudo mostra a relação entre os valores de Índice de Condição da Manutenção (ICM) e os índices pluviométricos, demonstrando que em meses de maior incidência chuvosa, o valor de ICM aumenta, sinalizando uma maior degradação da via. Além disso, observou-se que as rodovias podem sofrer uma maior degradação devido à ineficiência de seu sistema de drenagem, não suportando precipitações mesmo com baixos índices pluviométricos, facilitando a possibilidade de defeitos na superfície do pavimento.

Assim, conclui-se que a precipitação influencia diretamente na qualidade do pavimento, tendo em vista que a deterioração das rodovias aumenta no período chuvoso, no qual existe o surgimento de panelas e trincas, além de problemas relacionados à drenagem viária, quando mal executada. Outros efeitos do quadro chuvoso são as possíveis falhas na sinalização horizontal, assumindo transparência na pintura, e o surgimento de vegetação aparente no canteiro central das rodovias ou em suas laterais, pois a água precipitada auxilia no crescimento da vegetação.

É importante destacar a importância das ações de manutenção nos pavimentos para um aumento de sua vida útil, haja vista que tais intervenções estão relacionadas a uma redução nos valores de ICM, reestabelecendo o nível de serventia da via e proporcionando maior conforto e

segurança ao usuário final.

Assim, ressalta-se a importância dos estudos hidrológicos durante o projeto de execução de uma rodovia, bem como no decorrer de sua vida útil, para que seja realizado o dimensionamento correto dos sistemas de drenagem e da composição dos materiais das camadas do pavimento. Desta forma, pode-se destinar os recursos para as atividades de manutenção de forma eficiente, mitigando os danos ao pavimento e reduzindo os custos com manutenção da via.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Heber Oliveira pela orientação e correção do artigo em pauta, mas que não pode estar como autor devido restrições impostas pela ANPET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIZA P.; BIRGISSON B. (2002) Evaluation of water flow through pavement system. *University of Florida, Civil and Coastal Engineering Department*.
- BERNTSEN, G.; SAARENKETO, T. (2005) Drainage on Low Traffic Volume Roads. *Norwegian Public Roads Administration*.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. (2008) *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ.
- CNT (2019) *Pesquisa CNT de Rodovias 2019*. 22. ed. Confederação Nacional de Transportes. Brasília: CNT, 2019. Disponível em: < <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2020.
- DAWSON, A. (2015) *Impact of climate change on deterioration and lifecycle costs of flexible pavements*. 37 slides. Disponível em: < https://www.soci.org/~media/Files/Conference%20Downloads/2014/Asphalt%20whats%20around%20the%20corner/Andrew_Dawson.ashx >
- DINT (2017). *Termo de Referência*. Processo n°. 50600.030684/2017-30. Disponível em: < http://www1.dnit.gov.br/anexo/Termo%20de%20Refer%20C3%Aancia/Termo%20de%20Refer%20C3%Aancia_edital0523_17-00_0.pdf >.
- DNIT (2020). *Unidade de Infra-Estrutura Terrestre – Ceará (mapa)*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: < <http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/ce.htm>>.
- FATTORI, B. J. (2007) *Manual para manutenção de estradas com revestimento primário*. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78281/000897119.pdf?sequence=1>>.
- FUNCEME (2019) *Calendário das Chuvas no Estado do Ceará*. Disponível em: < <http://funceme.br/app/calendario/produto/ceara/media/mensal>>
- QIAO, Y.; DAWSON, A. R.; PARRY, T.; FLINTSCH, G.; WANG, W. (2020a) Flexible Pavements and climate change: a comprehensive review and implications. *Sustainability*. vol. 12. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/3/1057>>.
- QIAO, Y.; SANTOS, J.; STONER, A. M. K.; FLINTSCH, G. (2020b) Climate change impacts on asphalt road pavement Construction and maintenance. *Journal of Industrial Ecology*. vol. 24. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.12936>>.
- WANG, W.; WANG, L.; MIAO, Y.; CHENG, C.; CHEN, S. (2020) A survey on the influence of intense rainfall induced by climate warming on operation safety and service life of urban asphalt pavement. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*. Vol. 1. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/340097843>>.

Nayara de Oliveira Gurjão (nayaragurjao@hotmail.com)
Fernanda Silva Moreira (engfernanda.smoreira@gmail.com)
Sarah Lays S. Granjeiro (sarah.lays2009@hotmail.com)
Lucas C. de Almeida (lucascavalcante@det.ufc.br)
Curso de Engenharia Civil
Centro Universitário Christus