



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS - UNICHRISTUS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAUL DANTAS HOLANDA LIMA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NO ÍNDICE DE CONDIÇÃO
DA MANUTENÇÃO EM RODOVIAS FEDERAIS NO ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2022

RAUL DANTAS HOLANDA LIMA

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA
MANUTENÇÃO EM RODOVIAS FEDERAIS NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil do Centro Universitário Christus,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Fernando Feitosa
Monteiro

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Centro
Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do Centro
Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732a Lima, Raul.

Avaliação da influência da pluviosidade no Índice de Condição da
Manutenção em Rodovias Federais no Estado do Ceará / Raul Lima. -
2022.

58 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Me. Fernando Feitosa Monteiro.

1. Pavimentação. 2. ICM. 3. Detecção de Defeitos. 4.
Pluviometria. I. Título.

CDD 624

RAUL DANTAS HOLANDA LIMA

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA
MANUTENÇÃO EM RODOVIAS FEDERAIS NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil do Centro Universitário Christus,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Fernando Feitosa Monteiro
Centro Universitário Christus
(UNICHRISTUS)

Prof. Dsc. Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Universidade Federal do Ceará
(UFC)

Prof. Me. Fernando Dácio de Almeida
Centro Universitário Christus
(UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

Agradecimento inicial à minha imensamente amada avó, Maria Terezinha Feitosa Lima (em memória), por todo processo educativo a qual me conduziu. Obrigado por cada minuto dedicado a mim.

À Deus, pela existência, saúde e sabedoria ofertada.

Ao meu primo, Thiago Feitosa Carvalho, que sempre esteve ao meu lado, aconselhando, apoiando, partilhando dos momentos mais difíceis e também dos mais felizes.

Ao meu padrasto, Luiz Quintino Vieira Lima, meu tutor profissional e minha inspiração à escolha da Engenharia Civil.

Aos professores orientadores deste estudo, Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida e Prof. Me. Fernando Feitosa Monteiro, por toda a assistência durante o desenvolvimento desse trabalho, sempre presentes e dispostos a ajudar.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

As rodovias brasileiras possuem imensa extensão territorial que desempenham um papel importante no desenvolvimento do país. No entanto, grande parte das rodovias apresentam defeitos que alteram a sua serventia inicial, devido às condições causadas pelo tráfego, questões climáticas e falta de planejamento. Por meio do Índice de Condição da Manutenção (ICM) é possível realizar um levantamento de campo que avalia a qualidade funcional da superfície de uma rodovia, ou seja, mensurando as condições do pavimento, sinalização e vegetação presentes nas laterais do corpo estradal. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo principal verificar a variabilidade do ICM durante distintos períodos do ano e avaliar a influência da pluviometria no comportamento do mesmo. Para atingir o objetivo almejado, o valor de ICM disponibilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) foi consultado mensalmente nas rodovias federais que atravessam o Estado do Ceará (BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403 e BR-404) no período de dezembro de 2020 a julho de 2022. Junto a isso foi determinada a pluviosidade mensal do Estado do Ceará durante o mesmo período, essa foi comparada com os valores do ICM para uma melhor compressão de como essas variáveis se correlacionam. Além disso foi feita uma classificação enquanto os valores do ICM, sendo essas: “Bom” para valores menores que 30, “Regular” para valores entre 30 e 50, “Ruim” para valores entre 50 e 70 e Péssimo para valores acima de 70. Após correlacionar os dados do ICM, percebeu-se que apenas a BR-403 obteve uma média superior à 50, sendo a única a receber uma classificação de “Ruim” em sua avaliação. Correlacionando os valores médio do ICM em cada mês com os dados pluviométricos, foi possível identificar que, em todas as rodovias estudadas, os valores de ICM aumentaram nos meses de registro de pluviosidades mais altas, assim indicando que após os períodos de chuva tem-se uma pior condição da rodovia.

Palavras-chave: Pavimentação. ICM. Detecção de Defeitos. Pluviometria.

ABSTRACT

Brazilian highways have an immense territorial extension that play an important role in the development of the country. However, most of the roads have defects that alter their initial usefulness, due to the conditions caused by traffic, climate issues and lack of planning. Through the Maintenance Condition Index (MCI) it is possible to perform a field survey that evaluates the functional quality of a road surface, i.e., measuring the conditions of the sidewalk, signaling and vegetation on the sides of the road body. Thus, this study aims to verify the variability of the MCI during different periods of the year and evaluate the influence of rainfall on its behavior. To achieve the desired goal, the MCI value made available by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) was consulted monthly on the federal highways that cross the State of Ceará (BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403, and BR-404) in the period from December 2020 to July 2022. In addition, the monthly rainfall of the State of Ceará during the same period was determined and compared to the MCI values for a better understanding of how these variables correlate. In addition, a classification was made for the MCI values, these being: "Good" for values less than 30, "Fair" for values between 30 and 50, "Poor" for values between 50 and 70, and "Bad" for values above 70. After correlating the MCI data, it was noticed that only BR-403 obtained an average higher than 50, being the only one to receive a "Poor" rating in its evaluation. Correlating the average MCI values in each month with the rainfall data, it was possible to identify that, in all the roads studied, the MCI values increased in the months with higher rainfall, thus indicating that after the rainy periods we have a worse road condition.

Keywords: Paving. MCI. Defect Detection. Pluviometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transversais Curtas (TTC) ou Transversais Longas (TTL)	17
Figura 2 – Longitudinais Curtas (TLC) ou Longitudinais Longas (TLL)	17
Figura 3 – Trinca de Retração (TRR)	18
Figura 4 – Trincas de bloco (TB).....	18
Figura 5 – Trincas de bloco com erosão (TBE).....	19
Figura 6 – Trinca couro de jacaré (J).....	19
Figura 7 – Trinca couro de jacaré com erosão (JE)	20
Figura 8 – Panela atingindo a base (P).....	20
Figura 9 – Remendo	21
Figura 10 – Roçada manual.....	24
Figura 11 – Roçada mecanizada	25
Figura 12 – Sinalização viária horizontal	27
Figura 13 – Vegetação cobrindo sarjetas	29
Figura 14 – Sarjetas em condições de utilização	29
Figura 15 – Rodovias do Estado do Ceará.....	30
Figura 16 – Passo a passo da obtenção da pluviosidade	32
Figura 17 – Tabela de dados das estações no site do Instituto de Meteorologia.	33
Figura 18 – Como obter a Tabela de dados das estações.....	33
Figura 19 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa	34
Figura 20 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de dezembro de 2020 a junho de 2021	35
Figura 21 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de julho de 2021 a dezembro de 2021	36
Figura 22 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de janeiro de 2022 a maio de 2022.....	36
Figura 23 – Pluviosidade média do Estado do Ceará de dezembro de 2020 a julho de 2022	37
Figura 24 – Pluviosidade Média x ICM da BR-020 no período de dez/20 a mai/22.....	38
Figura 25 – Pluviosidade Média x ICM da BR-122 no período de dez/20 a mai/22.....	39
Figura 26 – Pluviosidade Média x ICM da BR-226 no período de dez/20 a mai/22.....	40
Figura 27 – Pluviosidade Média x ICM da BR-304 no período de dez/20 a mai/22.....	41
Figura 28 – Pluviosidade Média x ICM da BR-403 no período de dez/20 a mai/22.....	42
Figura 31 – Pluviosidade Média x ICM da BR-230 no período de dez/20 a mai/22.....	45
Figura 32 – Pluviosidade Média x ICM da BR-402 no período de dez/20 a mai/22.....	46
Figura 33 – Pluviosidade Média x ICM da BR-404 no período de dez/20 a mai/22.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....	12
Tabela 2 – Frequência de defeitos.....	13
Tabela 3 – Conceitos do ICPF	14
Tabela 4 – Determinação do Índice de Gravidade	14
Tabela 5 – Pesos para cálculo	15
Tabela 6 – Determinação do IES	15
Tabela 7 – Frequência de ocorrência para elementos de pista de rolamento.....	22
Tabela 8 – Nível de conservação.....	23
Tabela 9 – Valores de referência para IP	22
Tabela 10 – Valores de referência para IC	23
Tabela 11 – Levantamento disponibilizado pelo DNIT no período do estudo.....	30
Tabela 12 – Análise estatística do ICM médio entre dezembro do ano de 2020 e maio do ano de 2022	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
IC	Índice de Conservação
ICM	Índice de Condição da Manutenção
IGG	Índice de Gravidade Global
IP	Índice de Pavimento
IRI	Índice de Irregularidade Longitudinal
ISS	Imposto Sobre Serviço
ICPF	Índice de Condição do Pavimento Flexível
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedido
IES	Índice do Estado da Superfície
LVC	Levantamento Visual Contínuo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos	9
1.2 Estrutura do trabalho	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Avaliação Funcional.....	10
2.1.1 <i>Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos</i>	10
2.1.2 <i>Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos</i>	12
2.2 Defeitos de Superfície	16
2.2.1 <i>Fendas</i>	16
2.2.2 <i>Panelas</i>	20
2.2.3 <i>Remendos</i>	21
2.3 Índice de Condição da Manutenção - ICM	21
2.3.1 <i>Roçada</i>	24
2.3.2 <i>Sinalização</i>	25
2.3.3 <i>Drenagem</i>	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Rodovias estudadas	30
3.2 Materiais para o cálculo do ICM	31
3.3 Materiais para a determinação da pluviosidade	31
3.4 Desenvolvimento da pesquisa.....	34
4 RESULTADOS.....	35
4.1 BR – 020	38
4.2 BR – 122	39
4.3 BR – 226	40
4.4 BR – 304.....	41

4.5 BR – 403	41
4.6 BR – 116	42
4.7 BR – 222	43
4.8 BR – 230	44
4.9 BR – 402	45
4.10 BR – 404	46
5 CONCLUSÃO	48

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de um país está ligado ao desempenho do modo rodoviário que deve garantir o deslocamento de bens e pessoas de maneira rápida, segura e com o menor custo possível. Segundo a CNT (2021), o modo rodoviário concentra cerca de 65% da movimentação de mercadorias e de 95% de pessoas.

A condição do pavimento está relacionada diretamente com o custo operacional de transportes, no conforto e segurança dos usuários. A manutenção da malha rodoviária demanda elevados níveis de investimento. O CNT (2021) salienta que tais investimentos têm sido aquém do necessário, o que contribui para a deterioração da malha rodoviária brasileira. O CNT (2018) estima que seja necessário um investimento no valor de R\$ 496,1 bilhões em 981 projetos para a infraestrutura rodoviária, incluindo intervenções de construção, pavimentação, duplicação, recuperação e demais adequações. Porém, de acordo com a CNT (2021) foi investido cumulativamente, no período de 2011 a 2020, apenas 21,3% do montante estimado no Plano CNT.

Uma saída adotada pelo Governo Federal para resolver a problemática foi direcionar uma parcela da operação, manutenção e adequação da capacidade das rodovias para o setor privado por meio de concessões rodoviárias (CNT, 2021).

Ainda de acordo com o CNT (2021) apenas 12,4% da extensão total das rodovias brasileiras são pavimentadas, o que corresponde a 213,5 mil quilômetros, em discrepância com a quantidade de malha não pavimentada, 78,5% da extensão total da malha rodoviária nacional.

Por meio das informações que o órgão rodoviário fornece o Sistemas de Gerência de Pavimentos – SGP, esses dados podem ser utilizados para auxiliar a tomada de decisões adequadas de manutenção e reabilitação (M&R) para os trechos avaliados. Assim, é possível estabelecer prioridades de acordo com os recursos orçamentários disponíveis. O levantamento de dados utiliza parâmetros que permitem transformar em dados quantitativos avaliações que antes eram apenas funcionais, superficiais, estruturais e de segurança de um pavimento, podendo assim prever o seu estado de conservação, condições de conforto ao rolamento e escolha para o momento de intervenção corretiva e/ou reforço da estrutura.

A avaliação de pavimentos, de acordo com Haas e Hudson (1978), é uma das principais etapas de um SGP, por meio dela pode-se verificar se o pavimento necessita de manutenção ou reconstrução, se foi bem construído e se está atendendo às especificações para as quais foi dimensionado.

A avaliação funcional é responsável por quantificar a serventia da rodovia, sendo um método que necessita da perspectiva do avaliador. De acordo com o DNIT (2006), a avaliação funcional considera o levantamento visual contínuo, na grande maioria do trecho em questão, objetivando a avaliação da superfície do pavimento existente, fazendo o levantamento de irregularidades na superfície longitudinal e transversais do pavimento. Esse tipo de avaliação é a mais comum por ter um caráter de menor custo e por ser mais rápida, em contrapartida possui menor acurácia.

As avaliações objetivas utilizam parâmetros para representar a condição do pavimento, dentre eles estão: o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), o Índice do Estado da Superfície (IES) e o Índice de Gravidade Global (IGG) (DNIT, 2006).

No Brasil, os métodos mais comumente utilizados são desenvolvidos inspecionando-se os trechos a pé ou a bordo de veículos, com equipes de avaliadores especialistas com adequado conhecimento de pavimentação. Este método de avaliação é conhecido como subjetivo (LIRA E OLIVEIRA, 2019).

Observa-se que existe uma grande variedade métodos de avaliação. No entanto, nesse trabalho será feito o estudo sobre o Índice de Condição da Manutenção – ICM, elaborado no final do ano de 2017. Essa metodologia, segundo DNIT (2019), estabelece parâmetros a serem observados em rodovias pavimentadas, esses variam desde defeitos no pavimento como: panelas, remendo e/ou tricas, até estado de conservação como: roçada, sinalização e drenagem. Para as não pavimentadas são observados parâmetros como: panelas, profundidade de corrugações, profundidade da trilha de roda, excesso de poeira, seção transversal imprópria e drenagem inadequada em pistas não pavimentadas.

Com essas informações o método permite transformar dados qualitativos em quantitativos para termos de forma rápida e barata um parâmetro geral de como estão as condições da rodovia (Bom, Regular, Ruim e Péssimo) dependendo do valor conseguido em cada uma delas, além disso, esse trabalho se propõe a analisar quais são os efeitos da pluviometria no ICM e tentar identificar se uma correlação entre as duas.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar a influência da pluviosidade na variabilidade do Índice de Condição da Manutenção - ICM das rodovias federais do Estado do Ceará ao longo de distintos períodos do ano. Os objetivos específicos estão dispostos nos seguintes itens:

- Coletar valores de ICM das rodovias federais no Estado do Ceará;
- Coletar dados de pluviosidade no Estado do Ceará;
- Avaliar estatisticamente os valores do ICM.

1.2 Estrutura do trabalho

O presente trabalho contempla 5 capítulos. Além deste Capítulo 1, o Capítulo 2 contém o referencial teórico na qual será abordado toda a base para a exposição deste trabalho, tendo como fundamento materiais pertinentes ao assunto. Neste capítulo serão abordadas definições de vocabulários, classificações de métodos avaliativos do pavimento, intervenções feitas nas rodovias e patologias do pavimento.

O Capítulo 3 descreve os materiais e métodos, mostrando todos os procedimentos e equipamentos que serão necessários para desenvolvimento deste trabalho, e, por fim, fazer a modelagem estatísticas para análise de dados.

O Capítulo 4 contém informações a respeito da análise de resultados, mostrando os resultados obtidos a partir dos valores de ICM nas rodovias federais dentro do Estado do Ceará em diferentes períodos.

O Capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho, verificando as variações do ICM, sua aplicabilidade e analisando o ganho funcional. Além de realizar recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Diante dos diversos problemas que podem desenvolver patologias nos pavimentos podem-se citar problemas de execução, ação de solicitações imprevistas e intempéries, como as chuvas, e problemas de drenagem, se fazendo importante o acompanhamento contínuo. Para tanto, são necessários procedimentos que indiquem a situação funcional e o período de vida restante para o funcionamento adequado do pavimento, para assim, utilizar-se dos preceitos de manutenção periódica e preventiva.

Bernucci *et al* (2008) salientam que o diagnóstico correto das condições estruturais ou funcionais de um pavimento é fundamental para uma tomada de decisão eficiente relacionada à necessidade e ao tipo de manutenção, bem como ao método com o qual as intervenções devem ser executadas. Dessa forma, a etapa de avaliação é considerada uma das mais importantes de um sistema de gerência de pavimentos. Nos tópicos seguintes serão expostos os tipos de avaliação existentes.

2.1 Avaliação Funcional

A avaliação funcional tem como objetivo analisar a condição aparente do pavimento, determinando as patologias presentes na sua superfície. Dentre os métodos utilizados na execução dessa atividade estão os descritos no DNIT (2003a), que tratam da a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, e no DNIT (2003b), que aborda o levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

A avaliação funcional tem por base avaliar a condição de serviço ou conforto ao usuário da via, analisando a qualidade de rolamento, defeitos, irregularidades superficiais e segurança por meio de indicadores como o Índice de Gravidade Global (IGG) e o Índice de Irregularidade Internacional (*International Roughness Index* - IRI) (BERNUCCI ET AL *et al.*, 2008).

2.1.1 Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos

O DNIT (2003d) determina condições exigíveis para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos rodoviários, dos tipos flexíveis e semirrígidos, mediante a

contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

Este procedimento é realizado manualmente onde a superfície avaliada é delimitada pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais, situadas, respectivamente, a 3,00 m antes e 3,00 m após a estação considerada. Nas rodovias de pista simples, essas superfícies são localizadas a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento. Nas rodovias com pista dupla, a cada 20 m na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista.

A aparelhagem necessária para a avaliação é a treliça de alumínio padronizada tendo 1,20 m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda. O material auxiliar para demarcação na pista é composto por trena, giz, pincel e formulários.

O DNIT (2003d) determina que para efeito de norma cada área demarcada deve ser anotada a presença de qualquer ocorrência de defeito no pavimento. De acordo com o DNIT (2003d) podem ser classificadas em:

- Trincas Isoladas serão anotadas como do Tipo I;
- Os Remendos Superficiais e Remendos Profundos serão anotados como Remendos – R;
- Deve ser anotado, ainda, o tipo de seção de terraplenagem ocorrente na estação de avaliação (A = Aterro, C = Corte, SMA = Seção mista, lado de aterro, SMC = Seção mista, lado de corte, CR = Corte em rocha, PP = Ponto de passagem).

A partir da incidência deve ser calculada as frequências absolutas e relativas das ocorrências inventariadas e com o valor destas será possível encontrar o Índice de Gravidade Individual – IGI:

- Quando a média aritmética da média das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; caso contrário, o Índice de Gravidade Individual (IGI) é igual a 40;

- Quando a média aritmética da variância das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1; caso contrário, o Índice de Gravidade Individual (IGI) é igual a 50.

Calcula-se o IGI multiplicando a frequência relativa dos defeitos pelo fator de ponderação correspondente como mostra a equação 1.

Eq. (1)

$$IGI = f_r \times f_p$$

Onde,

Fr – frequência relativa;

Fp – fator de ponderação.

(Disponível na Tabela 1 da norma do DNIT 006 – PRO)

Por sua vez o Índice de Gravidade Global resulta do somatório dos IGI, conforme a equação 2:

Eq. (2)

$$IGG = \sum IGI$$

A partir do resultado é possível qualificar a deterioração pelos quantitativos levantados anteriormente, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

CONCEITOS	LIMITES
ÓTIMO	$0 < IGG \leq 20$
BOM	$20 < IGG \leq 40$
REGULAR	$40 < IGG \leq 80$
RUIM	$80 < IGG \leq 160$
PÉSSIMO	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003)

Como pode-se observar na Tabela 1, o pavimento pode ser classificado de “Ótimo” quando valor é abaixo de 20 até “Péssimo” quando o valor é acima de 160.

2.1.2 Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos

A norma responsável por definir os procedimentos para o Levantamento Visual Contínuo (LVC) é a DNIT (2003b), baseada na determinação do valor do Índice

de Condição de Pavimentos Flexíveis ou Semirrígidos – ICPF, ao mesmo tempo em que proporciona também as informações necessárias para o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedido - IGGE e Índice do Estado de Superfície – IES.

De acordo com o DNIT (2003b), este levantamento é feito por no mínimo um avaliador, sem contar com o motorista, e exige um veículo equipado com velocímetro/odômetro calibrado para aferição da velocidade de operação e das distâncias percorridas. Além disso, a velocidade de operação deve ser de, aproximadamente, 40 km/h, percorrendo a rodovia em um único sentido no caso de 2 faixas de tráfego. Havendo 2 faixas de cada lado, o levantamento será feito para cada pista separadamente.

O trecho é dividido em segmentos de extensões iguais, que podem variar de no mínimo 1 km a no máximo 6 km. No entanto, é preferível que as extensões sejam mínimas, sendo consideradas 6 km se houver homogeneidade de defeitos ao longo da via.

Os técnicos responsáveis pela avaliação atribuem uma frequência aos tipos de defeito encontrados, que podem ser divididos em Painelas (P), Remendos (R) e Demais Defeitos, como observado na Tabela 2, estimam um valor para o ICPF de 0 a 5 e relacionam com a atividade de manutenção pertinente (Tabela 3). Para encontrar o valor final do ICPF basta fazer a média dos valores estimados por dois ou mais avaliadores.

Tabela 2 – Frequência de defeitos

PANELAS (P) E REMENDOS (R)		
Código	Frequência	Quant/KM
A	Alta	≥ 5
M	Médio	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
DEMAIS DEFEITOS		
Código	Frequência	Quant/KM
A	Alta	≥ 50
M	Médio	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT (2003b)

Tabela 3 – Conceitos do ICPF

PANELAS (P) E REMENDOS (R)		
CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira	5 - 4
Bom	Aplicação De Lama Asfáltica - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	Correção De Pontos Localizados Ou Recapeamento - pavimento trincado, com “panelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	Recapeamento Com Correções Prévias - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	Recapeamento Com Correções Prévias - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	1 - 0

Fonte: DNIT (2003b)

O cálculo do IGGE é semelhante do método especificado na norma DNIT (2003a), sendo feito por meio da determinação da frequência e dos pesos (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Determinação do Índice de Gravidade

PANELAS (P) E REMENDOS (R)		
FREQUÊNCIA	FATOR Fpr QUANTIDADE/KM	GRAVIDADE
A – ALTA	≥ 5	3
M – MÉDIA	$2 \leq 5 < 5$	2
B - BAIXA	< 2	1
DEMAIS DEFEITOS (TRINCAS E DEFORMAÇÕES)		
FREQUÊNCIA	FATOR Ft e Foap (%)	GRAVIDADE
A – ALTA	≥ 50	3
M – MÉDIA	$10 \leq 50 < 50$	2
B - BAIXA	< 10	1

Fonte: DNIT (2003b)

Tabela 5 – Pesos para cálculo

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT (2003b)

É possível determinar o índice de gravidade pela fórmula:

Eq. (3)

$$IGGE = (Pt * Ft) + (Poap * Foap) + P_{pr} * F_{pr}$$

Onde,

Ft, Pt = Frequência e peso do conjunto de trincas t;

Foap, Poap = Frequência e peso do conjunto de deformações t;

Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e peso do conjunto de painéis e remendos.

O IES, por sua vez, é avaliado a partir do ICPF e IGGE, seus valores estão compreendidos de 0 a 10. De acordo com o DNIT (2003a), os valores do IES juntamente com o Código e o Conceito atribuídos ao estado da superfície do pavimento são determinados de acordo com a Tabela 6:

Tabela 6 – Determinação do IES

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte – DNIT (2003a)

2.2 Defeitos de Superfície

O defeito no pavimento pode surgir por diversos fatores, de forma precoce, devido a erros durante a execução do pavimento, e a longo prazo, devido ao tráfego ou ações externas como chuva e calor. Os erros de projetos também impactam na sua vida útil.

A norma utilizada para classificar os defeitos nos pavimentos é a DNIT (2003c), que aborda sobre os defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia.

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT, 2003a).

A seguir serão detalhados os principais defeitos encontrados em pavimentos flexíveis e semirrígidos, enquanto são apresentados sucintamente alguns defeitos mais relevantes de pavimentos rígidos.

2.2.1 Fendas

Para Silva e Oliveira (2021) este fenômeno é o mais recorrente na degradação dos pavimentos flexíveis. É recorrente principalmente pelo esgotamento dos materiais que compõem às camadas betuminosas, graças a tração por flexão, causada pelos veículos de carga.

As fendas podem se dividir em fissuras e trincas, o primeiro é quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 m e o segundo quando a abertura é superior à da fissura (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Silva e Oliveira (2021) salientam que as fendas podem ser classificadas por classes, quanto ao grau de severidade, da classe 1 (FC-1) até a classe 3, sendo que quanto mais alto o número, mais danos a fenda causa ao pavimento. Para trincas, a classificação é feita pelo tamanho, sendo maior ou menor a 1 milímetro, e se causam ou não erosão nas bordas do pavimento.

- Classe 1: fendas com abertura não superior a 1mm;
- Classe 2: fendas com abertura superior a 1mm;

- Classe 3: fendas com abertura superior a 1mm e desagregação ou erosão junto as bordas.

Quanto à tipologia, podem ser isoladas ou interligadas. As trincas isoladas podem ser classificadas de acordo com as Figuras 1, 2 e 3:

Figura 1 – Transversais Curtas (TTC) ou Transversais Longas (TTL)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

Figura 2 – Longitudinais Curtas (TLC) ou Longitudinais Longas (TLL)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

Figura 3 – Trinca de Retração (TRR)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

As trincas interligadas são subdivididas em:

- Trincas de bloco (TB) – quando tendem a uma regularidade geométrica. Geralmente é resultado dos efeitos de dilatação e contração do concreto asfáltico causados pela variação térmica. São medidas em m² de área superficial. A trinca de bloco está representada na Figura 4:

Figura 4 – Trincas de bloco (TB)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

- Trincas de bloco com erosão (TBE) – quando as trincas de bloco apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas;

Figura 5 – Trincas de bloco com erosão (TBE)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

- Trincas tipo couro de jacaré (J) – quando não seguem um padrão de reflexão geométrica de trincas, como as de “bloco”. São comumente derivadas da fadiga do revestimento asfáltico e assemelha-se ao aspecto de couro de crocodilo, como mostra a Figura 6. As medidas são registradas em área (m^2);

Figura 6 – Trinca couro de jacaré (J)



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

- Trincas tipo couro de jacaré com erosão (JE) – quando as trincas tipo couro de jacaré apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Trinca couro de jacaré com erosão (JE)



Fonte: Bernucci *et al* (2008).

2.2.2 *Panelas*

Silva e Oliveira (2019) define as pequenas depressões que apresentam bordas afiadas e lados verticais perto do topo do buraco como *Panela*. Geralmente, surgem como um agravamento de outros defeitos ou de forma localizada, pelo deslocamento das camadas causado pela falta de aderência entre camadas superpostas, assim, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação delas, como mostra a Figura 8. São medidos por contagem de acordo com a severidade (profundidade e diâmetro em mm) ou por m² de área.

Figura 8 – *Panela* atingindo a base (P)



Fonte: Bernucci *et al* (2008).

A recuperação de panelas se dá por meio de remendos bem executados. É executado por um corte com ângulo de 90° com a superfície. Após o corte, se é imprimado todo o local, selando as trincas. Logo após, é aplicado o novo pavimento asfáltico, obtendo a recuperação superficial ou profunda (SILVA E OLIVEIRA, 2021).

2.2.3 Remendos

De acordo com Silva e Oliveira (2019) o remendo nada mais que é uma medida de correção de uma panela ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica. Apesar de ser uma medida corretiva, considera-se como defeito. O remendo substitui o revestimento ou camadas mais profundas, chamados de remendos superficiais e profundos, respectivamente.

No entanto, a área remendada pode apresentar certa irregularidade em relação ao pavimento original ao redor, como mostra a Figura 9. São medidos em m² de área e sua severidade é determinada pelo desgaste do remendo ao apresentar buracos, trincas ou outros defeitos.

Figura 9 – Remendo



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

2.3 Índice de Condição da Manutenção - ICM

O Índice de Condição da Manutenção foi criado por finalidade de parametrizar a avaliação da condição de manutenção das rodovias pavimentadas,

bem como, servir de referência para o acompanhamento das ações de manutenção da malha.

DNIT (2019) estabelece que na avaliação de rodovias pavimentadas os levantamentos em campo serão periódicos, observando os defeitos da superfície (painéis, remendos e/ou trincas) e a conservação da rodovia (roçada, sinalização e a condição de elementos de drenagem). Para as rodovias não pavimentadas serão avaliados número de painéis, profundidade de corrugações, profundidade da trilha de roda, excesso de poeira, seção transversal imprópria e drenagem inadequada.

De acordo com DNIT (2019), o veículo utilizado para coleta deve possuir em seu compartimento interno um velocímetro e um odômetro, o velocímetro para aferição da velocidade de operação e odômetro para as distâncias percorridas. A equipe para a realização do levantamento deverá ser constituída por um avaliador além do motorista, percorrendo a rodovia em um único sentido a uma velocidade média aproximada de 40 km/h. Após realizado o levantamento, os cálculos deverão ser feitos para todos os trechos, podendo ser realizado manualmente ou com auxílio de sistema informatizado. É importante lembrar que o levantamento não pode acontecer durante condições de tempo adversas. Para a indicação da frequência das ocorrências relacionadas à pista de rolamento, assim como o nível de conservação encontrado, deverão ser utilizadas, respectivamente, as Tabelas 7 e 8:

Tabela 7 – Frequência de ocorrência para elementos de pista de rolamento

Índice de Pavimento (IP)				
	Baixo	Médio	Alto	Unidade
Painel	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

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 8 – Nível de conservação

Índice de Conservação (IC)			
	Bom	Regular	Ruim
Roçada	Vegetação rasteira com altura máxima de 30 cm	Vegetação acima de 30 cm, mas que não afeta a visibilidade de sinalização vertical	Vegetação alta que afeta a visibilidade de 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 boas condições	Elementos verticais e horizontais parcialmente faltantes e desgastados	Elementos verticais e horizontais faltantes e desgastados

Fonte: DNIT (2019)

Com a confirmação do nível de conservação e frequência de ocorrências pode-se utilizar as Tabelas 9 e 10 para obtermos os valores de referência para o Índice de Pavimento (IP) e Índice de conservação (IC). Esses valores serão aplicados nas equações 4, 5 e 6 para obter-se os valores de ICM.

Tabela 9 – Valores de referência para IP

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

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 10 – Valores de referência para IC

Índice de Conservação (IC)			
	Bom	Regular	Ruim
Roçada	0,25	0,5	1
Drenagem	0,25	0,5	1
Sinalização	0,25	0,5	1

Fonte: DNIT (2019)

Eq. (4)

$$ICM = IP * 0,7 + IC * 0,3$$

Eq. (5)

$$IP = P_{\text{panelas}} * 50 + P_{\text{remendos}} * 30 + P_{\text{trincamentos}} * 20$$

Eq. (6)

$$IC = P_{\text{sinalização}} * 50 + P_{\text{roçada}} * 30 + P_{\text{drenagem}} * 20$$

Onde,

IP = Índice de Pavimento;

IC = Índice de Conservação;

P_{panelas} , P_{remendos} , $P_{\text{trincamentos}}$, $P_{\text{sinalização}}$, $P_{\text{roçada}}$, P_{drenagem} = Frequência (quantidade por km) e peso do conjunto de panelas e remendos.

Com os valores obtidos pode-se dividir a classificação do ICM em quatro categorias, sendo “Bom” aquelas que apresentam valores menores a 30, “Regular” as que estão no intervalo de 30 a 50, “Ruim” as que estão de 50 a 70 e “Péssimo” as que tem o valor maior de 70.

2.3.1 Roçada

Segundo DNIT (2005), a roçada é feita com a finalidade de melhorar a visualização da sinalização e facilitar o escoamento da água superficial para os dispositivos de drenagem, deixando seu aspecto mais limpo, podendo ser executada de duas formas, manualmente (Figura 10) ou mecanicamente (Figura 11).

Figura 10 – Roçada manual



Fonte: Salomão *et al* (2019)

Figura 11 – Roçada mecanizada



Fonte: Salomão *et al* (2019)

Ainda de acordo com DNIT (2005), as tarefas de conservação são ordenadas de 1 a 3, sendo “1” aquelas que interferem diretamente com a segurança do condutor, “2” proteção do corpo da estrada e “3” sendo apenas aspectos estéticos da rodovia, assim a frequência da execução da roçada irá depender do seu nível de prioridade. Para casos em que a vegetação estiver encobrindo por completo as sinalizações verticais ou diminuindo a visibilidade de curvas, ela terá uma maior prioridade, assim necessitando de uma maior urgência na execução.

2.3.2 Sinalização

Segundo o DNER (1999), a sinalização permanente é composta por placas, painéis, marcas no pavimento e elementos auxiliares. Constitui-se num sistema de dispositivos fixos de controle de tráfego que, por sua simples presença no ambiente operacional de uma via, regulam, advertem e orientam os seus usuários.

A má qualidade das sinalizações pode comprometer sua principal função que é conceber segurança e conforto. Assim, de acordo com o DNER (1999), é conveniente destacar que uma sinalização adequada deve contemplar:

- Projeto – elaboração de projetos específicos de sinalização definindo os dispositivos a serem utilizados, dentro dos padrões de forma, cor, dimensão e sua localização ao longo da via;
- Implantação – a sinalização deve ser implantada levando em conta os

padrões de posicionamento estabelecidos para os dispositivos e eventuais ajustes decorrentes de condicionantes específicas de cada local, nem sempre passíveis de serem consideradas no projeto;

- Operação – a sinalização deve ser permanentemente avaliada quanto à sua efetividade para a operação da via, promovendo-se os ajustes necessários de inclusão, remoção e modificação de dispositivos;
- Manutenção – para manter a credibilidade do usuário, deve ser feita uma manutenção cuidadosa da sinalização, repondo dispositivos danificados e/ou substituindo aqueles que se tornaram inapropriados;
- Materiais – o emprego de materiais, tanto na sinalização vertical quanto na horizontal, deve estar de acordo com Normas da ABNT para chapas (NBR 13275), estruturas de sustentação (NBR15591), tintas (NBR 12935), películas (NBR 14644) e dispositivos auxiliares (NBR 7941) (tachas e elementos refletivos).

Os tipos de sinalização existentes se dividem em horizontal e vertical, essas sendo compostas por todas as medidas e símbolos que são pintados ou colocados nas vias, estradas e ruas.

Segundo CONTRAN (2007), as sinalizações verticais são formadas pelas placas que ficam fixadas próximas das vias e, em alguns casos, nelas mesmas. A partir delas é possível transmitir informações aos pedestres e motoristas por meio de símbolos e legendas. Já a sinalização horizontal é responsável por controlar o fluxo de trânsito definindo quem pode ir em qual sentido, onde é possível fazer ultrapassagens, em que situações o pedestre pode atravessar a rua e que via é de mão única ou dupla.

Ainda segundo CONTRAN (2007), alguns dos melhores exemplos de sinalização horizontal são as marcações das vias, a faixa de pedestres e a demarcação de espaços de estacionamento nas ruas da cidade. Na Figura 12 é possível observar duas situações em que a sinalização horizontal está desgastada, afetando a sua visualização, e em seguida a situação que a sinalização se encontra ideal:

Figura 12 – Sinalização viária horizontal



Fonte: DER-MG (2021)

2.3.3 Drenagem

Os sistemas de drenagem das rodovias são responsáveis por desviar do pavimento o curso dos caudais resultantes da precipitação, garantindo a segurança dos utilizadores e a longevidade das estruturas (BATISTA, 2010).

É por meio do sistema de drenagem que ocorre a captação de água com intuito de direcioná-la para um destino adequado de forma que o seu deságue não seja abrupto e não danifique as demais estruturas da rodovia. Caso não ocorra o deságue eficiente, o fluxo da água pode causar arrastamento do solo devido a mudança de pressões hidrostática, gerando sua ascensão e a diminuição do atrito das camadas granulares (DNIT, 2005).

Rocha (2018) afirma que a maioria das rodovias tende a apresentar problemas com chuvas por meio de infiltrações, talvez, os lençóis freáticos podem desenvolver o fenômeno da capilaridade como a “franja capilar”, desgaste da qualidade de materiais, trincas, perda da rigidez do estrato de fundação e irregularidades no pavimento. Para isso, o sistema de drenagem desenvolve diversas técnicas, sendo essas divididas em quatro grandes grupos: a superficial, do

pavimento, subterrânea e de transposição

DNER (2001) cita como dispositivos de drenagem: meios-fios, sarjetas valetas, canaletas, saídas d'água, descidas d'água de corte e aterro, caixas coletoras e bocas-de-lobo. Em relação aos drenos subterrâneos fica-se definido como dispositivos de drenagem destinados à interceptação, captação e condução das águas do subleito e de infiltração no pavimento de forma a preservar a integridade do corpo estradal. Assim, compreende os drenos subsuperficiais e os drenos profundos.

Os drenos subsuperficiais drenam as águas superficiais infiltradas no pavimento, estes podem ser executados na direção transversal ou longitudinal da rodovia. Já os profundos são utilizados para rebaixar o lençol freático, em cortes em solo ou rocha, evitando que as águas subterrâneas possam afetar a resistência do material do subleito ou pavimento.

Os dispositivos de drenagem rodoviária são divididos da seguinte forma:

- Drenagem superficial: sarjeta, valeta, meio-fio, caixas coletoras/caixas de ralo e descidas d'água;
- Drenagem profunda: drenos;
- Obras de arte correntes: bueiros e galerias.

A drenagem superficial é um sistema de escoamento que pode ser formado pelos seguintes elementos:

- Valas de proteção de corte (VPC): funcionam como um mecanismo de segurança que evita de a água alcançar o talude estrutural;
- Vala de proteção de aterro (VPA): tem por objetivo fazer a interceptação da água evitando que a mesma invada e se aloje no do pé do aterro;
- Sarjetas de corte (SC): fazem a captação da água pluvial sobre o corpo estradal e taludes, canalizando-a para as extremidades laterais ao longo da estrada e depositadas nas caixas coletoras ou bueiros;
- Sarjeta de aterro (AS): possibilitam o escoamento rápido e seguro da água pluvial em locais considerados de alto risco de deterioração ou erosão da estrutura estradal;
- Sarjeta de canteiro central (SCC): permite a captação da água precipitada na pista e no canteiro central levando-a para os bueiros e caixas

coletoras;

- Descidas d'água: conduz as águas vindas das ladeiras de corte até a vala de corte ou até as caixas coletoras;
- Saídas d'água: conduz as águas vindas das ladeiras de corte até a vala de corte ou até as caixas coletoras, bueiro ou ponte, dissipadores de energia e escalonamento de vertentes (FERNANDES, 2012).

No entanto, para efeito do estudo, serão avaliadas apenas as sarjetas que muitas vezes podem se encontrar deterioradas ou obstruídas, como mostra a Figura 13. Sua condição ideal de uso é mostrada pela Figura 14:

Figura 13 – Vegetação cobrindo sarjetas



Fonte: Salomão *et al* (2019)

Figura 14 – Sarjetas em condições de utilização



Fonte: Salomão *et al* (2019)

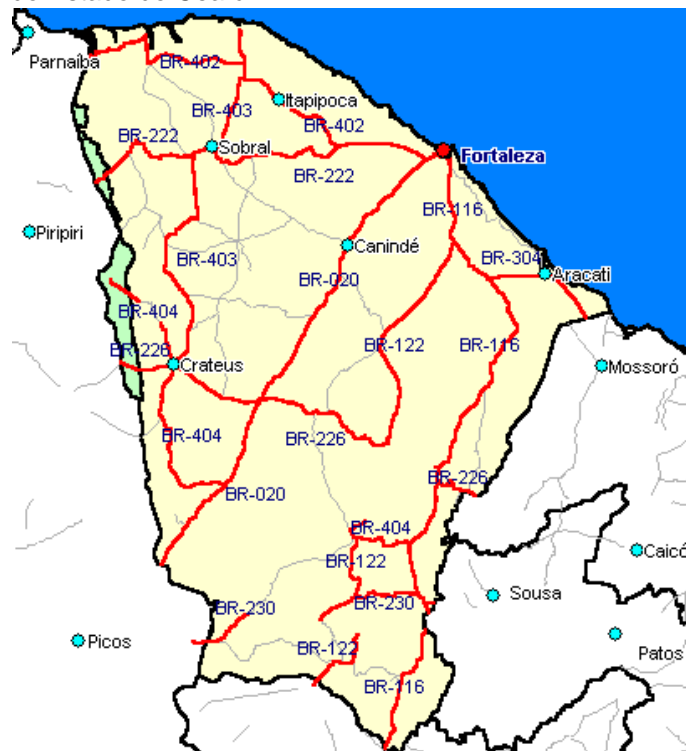
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Por meio deste tópico será apresentada a metodologia aplicada neste trabalho. Inicialmente, foram identificadas quais rodovias federais pavimentadas estão situadas no Estado do Ceará. Foram coletados os valores do ICM, disponíveis no site do DNIT, no período dezembro de 2020 até julho de 2022. Esses dados foram utilizados para gerar comparações entre as rodovias e, posteriormente, junto a pluviosidade mensal do Estado do Ceará, obtida a partir do Instituto Nacional de Meteorologia, tentando assim entender os efeitos da pluviosidade na variação do ICM.

3.1 Rodovias estudadas

Foram identificadas 10 rodovias federais pavimentadas que atravessam o Estado do Ceará, sendo estas: BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403 e BR-404. A partir da Figura 15 é possível visualizar como são dispostas as rodovias citadas:

Figura 15 – Rodovias do Estado do Ceará



Fonte: Grangeiro (2020)

3.2 Materiais para o cálculo do ICM

Para a presente pesquisa realizou-se acompanhamento periódico dos valores ICM de cada rodovia, por meio de dados disponibilizados pelo DNIT (2022). Os dados foram obtidos por levantamentos mensais realizados pelo próprio DNIT. A Tabela 11 mostra os meses que foram disponibilizados pelo órgão, com exceção de setembro de 2021, abril de 2022, junho de 2022 e julho de 2022. Na seção 3.4 desse trabalho será aprofundado de que forma foram tratados esses dados.

Tabela 11 – Levantamento disponibilizado pelo DNIT no período do estudo

	BR-020	BR-116	BR-122	BR-222	BR-226	BR-230	BR-304	BR-402	BR-403	BR-404
dez/20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
jan/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
fev/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mar/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
abr/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mai/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
jun/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
jul/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ago/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
set/21										
out/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
nov/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
dez/21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
jan/22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
fev/22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
mar/22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
abr/22										
mai/22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
jun/22										
jul/22										

Fonte: Produzido pelo autor

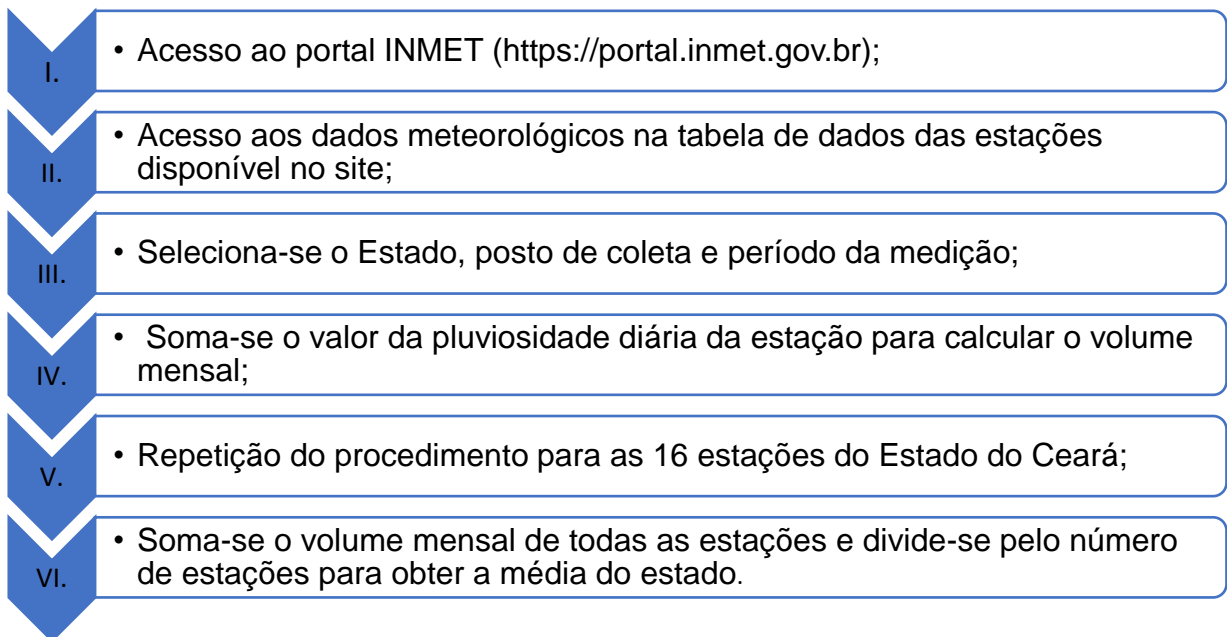
3.3 Materiais para a determinação da pluviosidade

Essa pesquisa teve em sua concepção a ideia de utilizar os dados pluviométricos proveniente da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Contudo, devido à instabilidade do site do órgão, as informações se encontravam indisponíveis. Assim, foi escolhido a utilização dos dados fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, tornando possível calcular a pluviosidade média do Estado do Ceará.

Como não existe um valor médio de pluviosidade para todo o Estado do Ceará, foi feita uma aproximação para o cálculo utilizando o volume de chuva coletado, no período de dezembro de 2020 a julho de 2022, de todas as 16 estações de coletas disponíveis pelo INMET no Estado. Essas estações são localizadas nas cidades de Acaraú, Barbalha, Campo Sales, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Itapipoca, Jaguaribe, Jaguaruna, Morada Nova, Quixadá, Quixeramobim, Sobral, Tauá e Tianguá.

Esses dados de pluviometria coletados por cada estação são somados obtendo-se o valor total mensal de cada cidade, por fim, com média entre as 16 estações, obtiveram-se a pluviosidade por mês. O passo a passo desse processo está demonstrado na Figura 16:

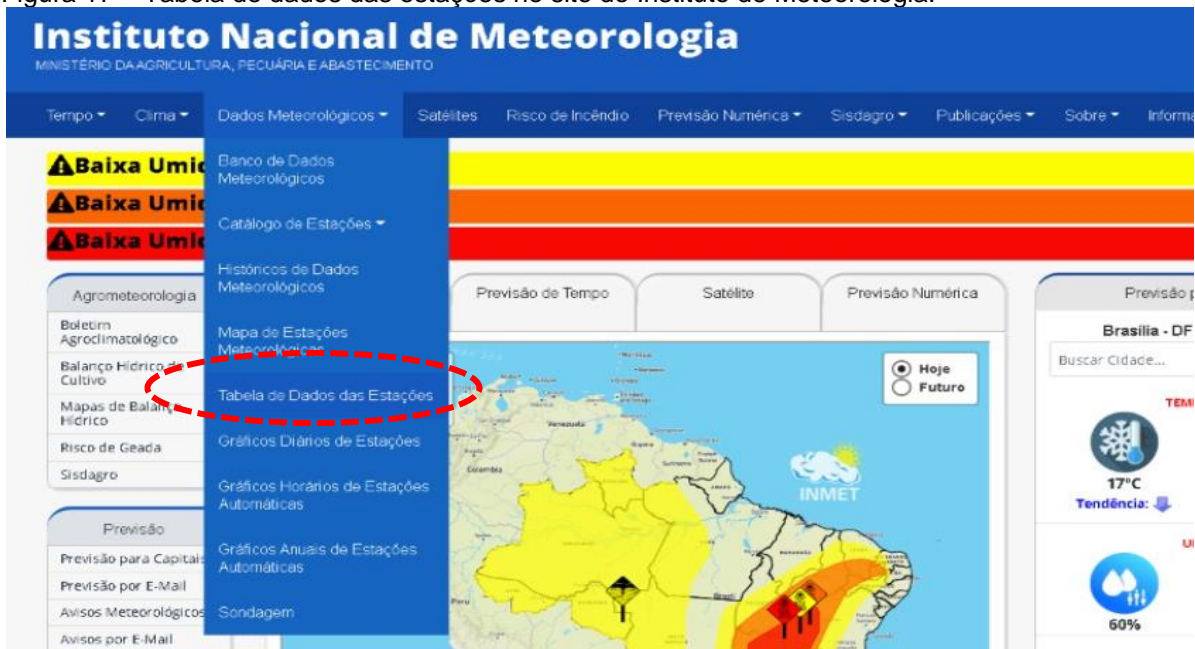
Figura 16 – Passo a passo da obtenção da pluviosidade



Fonte: Produzido pelo autor

Ao acessar o portal do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 17), na aba de dados meteorológicos deve-se acessar a tabela de dados das estações:

Figura 17 – Tabela de dados das estações no site do Instituto de Meteorologia.



Fonte: (INMET, 2022)

Para gerar a planilha com a pluviosidade diária de determinada estação é necessário informar o Estado, posto de coleta e o período que se deseja analisar. No caso do presente estudo, o período de análise foi mensal. A Figura 18 mostra o preenchimento:

Figura 18 – Como obter a Tabela de dados das estações

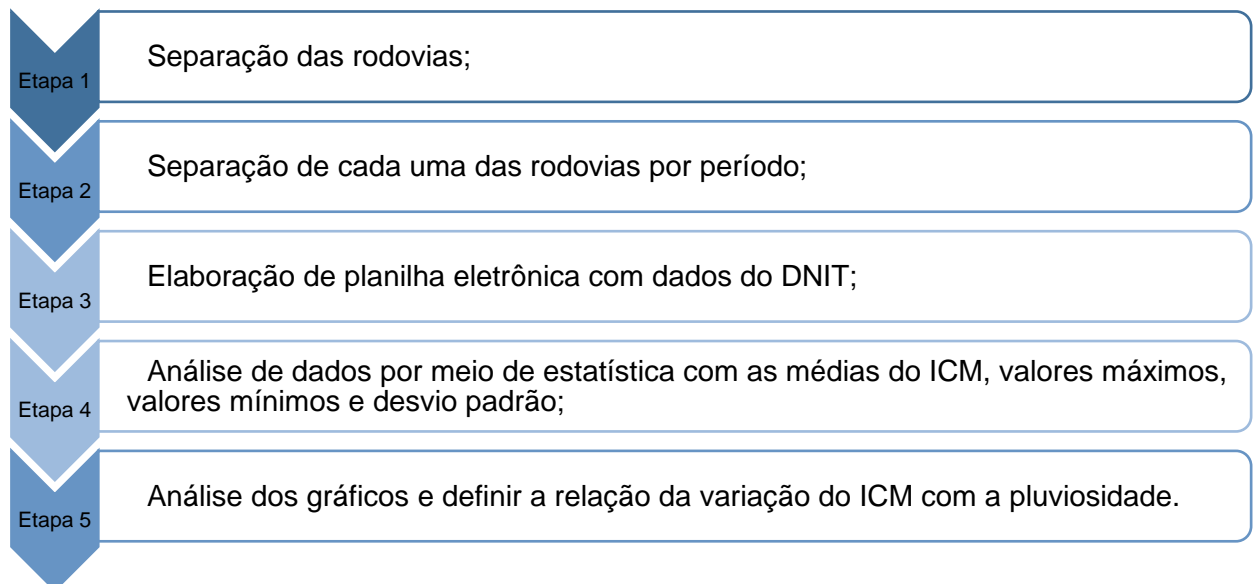
Fonte: (INMET, 2022)

3.4 Desenvolvimento da pesquisa

Com as dez rodovias federais selecionadas, o próximo passo foi organizar e filtrar os dados disponibilizado pelo DNIT, pois como a medição desses dados é feita por quilometro, o volume de dados é bastante extenso. Assim, foi escolhido trabalhar de duas maneiras, num primeiro momento sendo uma análise estatística mais geral das rodovias, com foco em entender como a média do ICM, os valores máximos, mínimos e o desvio padrão se comportaram durante o período de dezembro de 2020 a julho de 2022 e com esses dados fazer comparações entre as 10 rodovias estudadas.

Após isso, a pesquisa passou de uma visão mais geral pra uma mais específica, olhando para cada rodovia de forma separada, gerando gráficos para que assim poder tentar entender o comportamento do ICM de cada rodovia durante o período de estudo e poder comparar esses valores a pluviosidade média, com o intuito de tentar verificar a correlação entre os dois. A figura 19 descreve as etapas de aquisição de dados para análise dos valores de ICM coletados ao longo da pesquisa.

Figura 19 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa



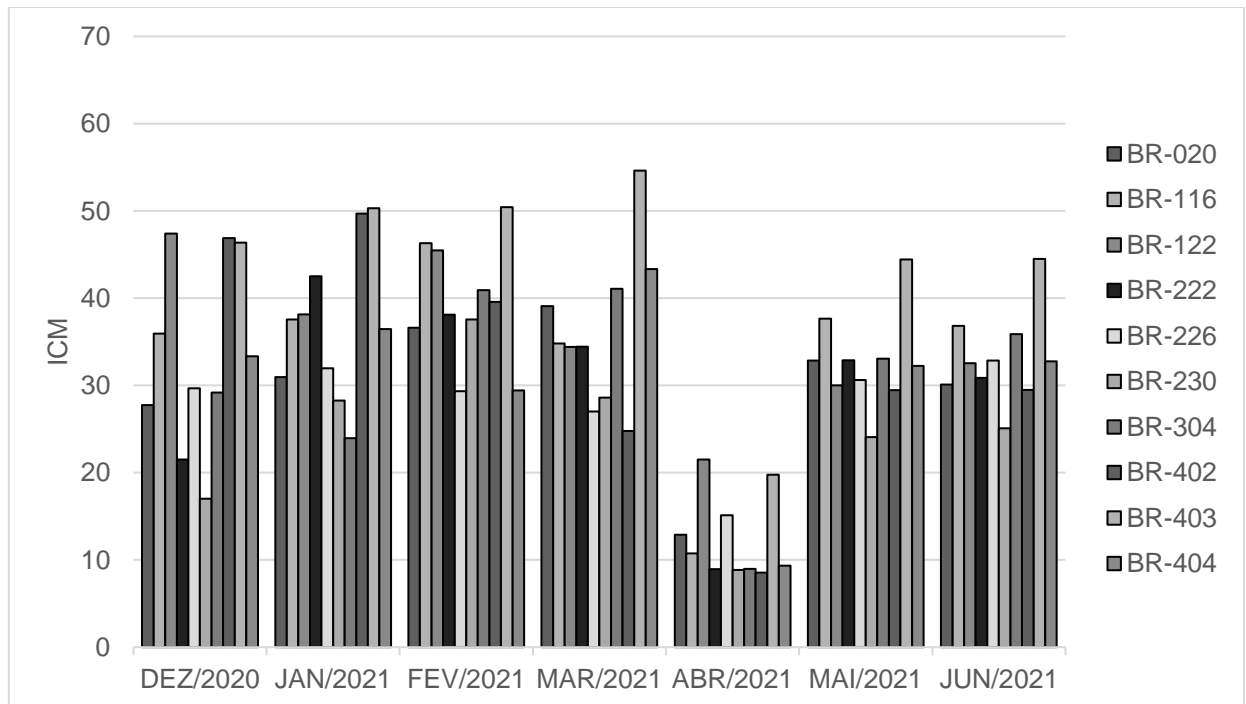
Fonte: Produzido pelo autor

4 RESULTADOS

Devido ao grande volume de dados, foi escolhido trabalhar com gráficos observando a variação do valor médio de ICM ao longo do tempo de análise, de dezembro de 2020 a maio de 2022 (Anexo 1), e por semestre (Figuras 20, 21 e 22). Ambos foram observados e são discutidos abaixo.

A Figura 20 detalha os valores de ICM médio das rodovias federais BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403 e BR-404, no período de dezembro de 2020 a junho de 2021.

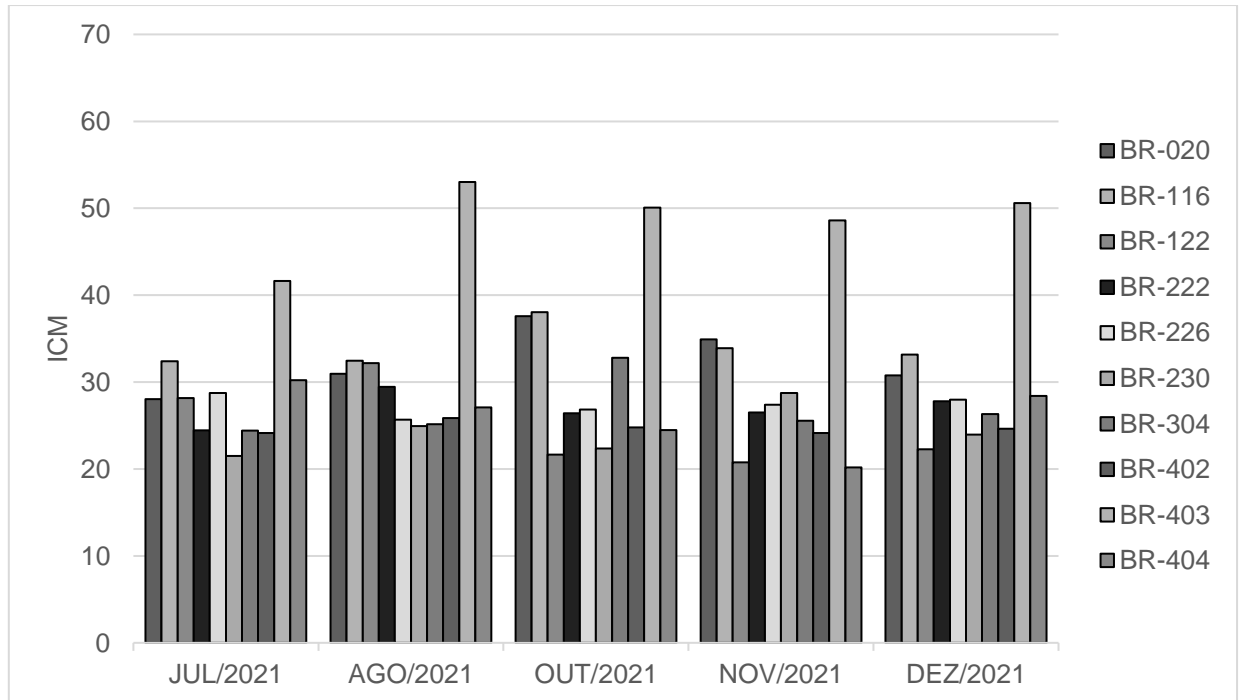
Figura 20 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de dezembro de 2020 a junho de 2021



Fonte: Produzido pelo autor

A Figura 21 detalha os valores de ICM médio das rodovias federais BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403 e BR-404, no período de julho a dezembro de 2021.

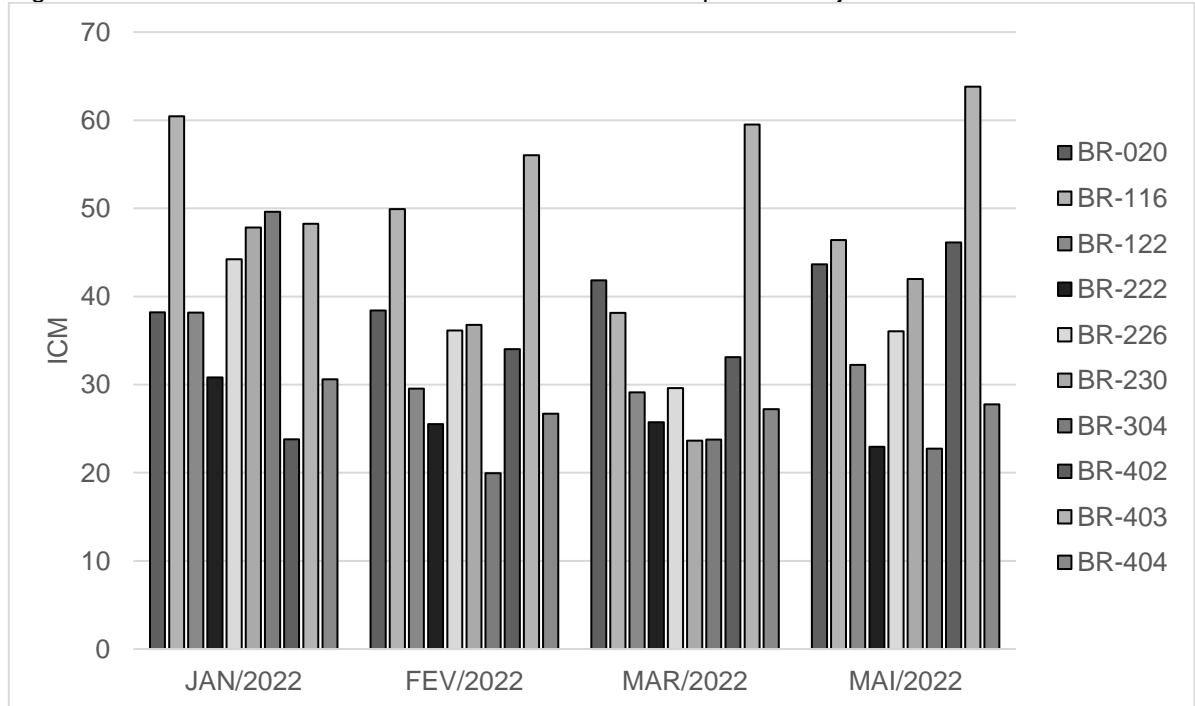
Figura 21 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de julho de 2021 a dezembro de 2021



Fonte: Produzido pelo autor

A Figura 22 detalha os valores de ICM médio das rodovias federais BR-020, BR-116, BR-122, BR-222, BR-226, BR-230, BR-304, BR-402, BR-403 e BR-404, no período de janeiro a maio de 2022.

Figura 22 – ICM médio das rodovias federais do Ceará no período de janeiro de 2022 a maio de 2022



Fonte: Produzido pelo autor

A Tabela 12 apresenta um resumo dos valores de ICM médio, valores máximos e mínimos e o desvio padrão no período em estudo:

Tabela 9 – Análise estatística do ICM médio entre dezembro do ano de 2020 e maio do ano de 2022

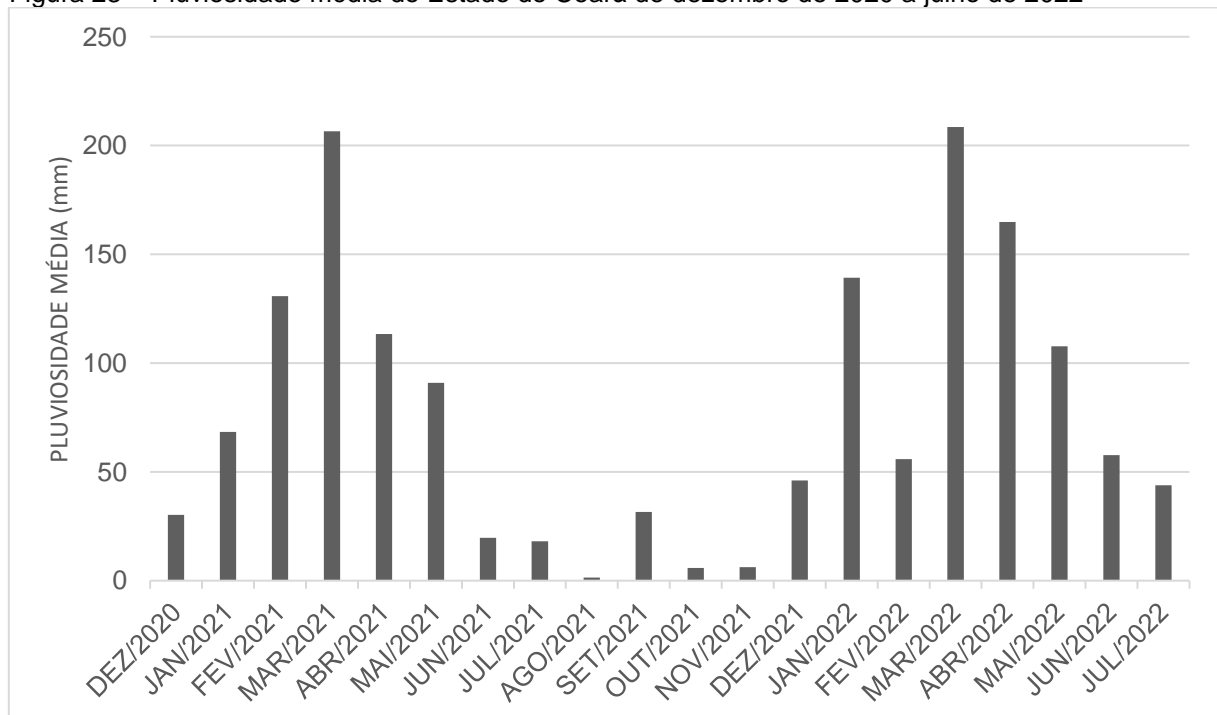
Rodovia	BR-020	BR-116	BR-122	BR-222	BR-226	BR-230	BR-304	BR-402	BR-403	BR-404
Média	34,26	39,23	32,36	29,60	30,89	29,01	30,24	30,57	50,62	31,01
Desvio Padrão	16,00	15,02	19,01	12,06	16,61	12,40	9,86	12,75	21,98	11,27
Coefficiente de Variação (%)	46,70	38,29	58,75	40,74	53,77	42,74	32,61	41,71	43,42	36,34
Máximo	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	85,00	95,50	100,00	86,50
Mínimo	7,50	7,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,50	11,00

Fonte: Produzido pelo autor

A partir dos valores de ICM médio obtidos para as dez rodovias estudadas é possível identificar que a BR-222 e BR-230 possuem ICM médio que se enquadram na classificação “Bom” ($ICM < 30$), enquanto a BR-020, BR-116, BR-122, BR-226, BR-304, BR-402 e BR-404 possuem ICM médio “Regular” ($30 \leq ICM \leq 50$). Por fim, a BR-403 é classificada, de acordo com seu ICM médio, como “Ruim” ($50 \leq ICM \leq 70$).

Por meio da análise dos dados fornecidos pelo INMET (2022) foi encontrada a pluviosidade média no Estado do Ceará durante período em estudo. Observando a Figura 23 percebe-se que os meses de maior pluviosidade foram março/21, março/22 e abril/22. Enquanto os meses com menor pluviosidade foram agosto/21, outubro/21 e novembro/21.

Figura 23 – Pluviosidade média do Estado do Ceará de dezembro de 2020 a julho de 2022



Fonte: Produzido pelo autor

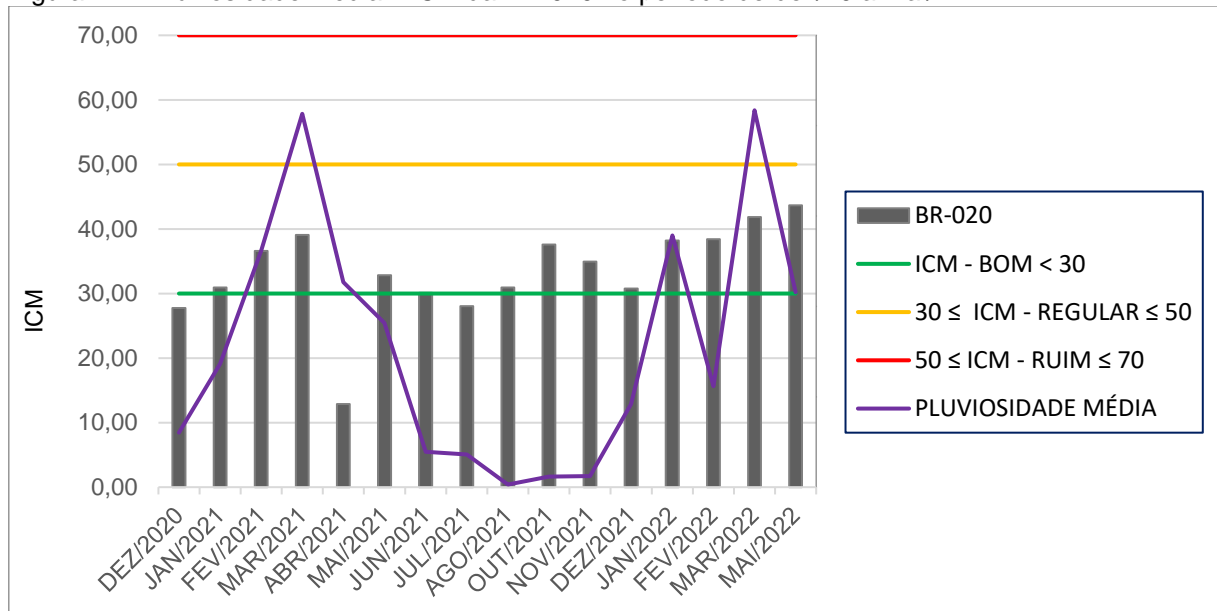
Dentre as 10 rodovias analisadas a BR-403 apresenta o valor de ICM médio mais elevado, classificado como “Ruim”. Houve um aumento considerável no início do ano de 2022, entre março e maio, durante esse período o ICM médio da rodovia variou de 59,52 até a média de 63,82. A crescente do ICM se justifica pela constância da pluviosidade elevada no Estado.

Comparando as demais rodovias no mesmo período observa-se que a BR-020, BR-116, BR-112, BR-226, BR-402 também tiveram aumento do ICM médio, sendo essas variações, respectivamente, de: 1,82; 8,27; 3,16; 6,46; 13,02.

4.1 BR – 020

Por meio da análise do ICM da BR-020 é possível identificar uma melhora em abril/2021 (Figura 24). No entanto, logo nos meses subsequentes ocorreu um aumento no ICM sinalizando que a condição dessa rodovia agravou com o tempo e atingindo o seu ápice na última atualização em maio de 2022.

Figura 24 – Pluviosidade Média x ICM da BR-020 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor.

Ainda observando a Figura 24, pode-se identificar que nos meses de março/21, e março/22 a pluviosidade média atinge picos. Com o crescimento da pluviosidade de dezembro/20 a março/21 o ICM também cresce. Nos meses de picos o ICM varia entre

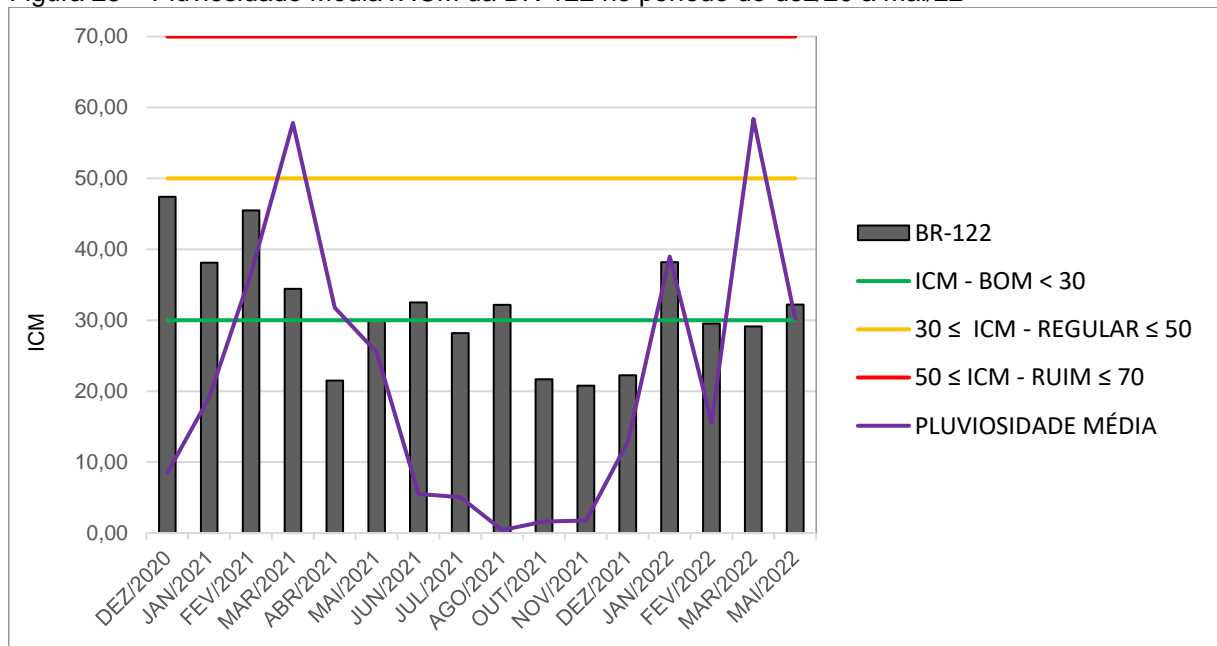
30 e 50. No mês de abril/21, com o decréscimo da pluviosidade, o ICM registra o valor mais baixo do período, menor que 20.

Também é possível identificar que o ICM dos meses de dezembro/20, abril/21 e julho/21 é classificado como “Bom”, enquanto os demais meses estão dentro da classificação “Regular”. Não houve nenhum registro de ICM dentro da classificação “Ruim”

4.2 BR – 122

Analisando o ICM da BR-122 percebe-se uma melhora nos meses de abril/21, outubro/21, novembro/21 e dezembro/21, enquanto que os meses de dezembro/20 e fevereiro/21 apresentaram os maiores ICM do período, significando uma piora nas condições da BR-122, como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Pluviosidade Média x ICM da BR-122 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

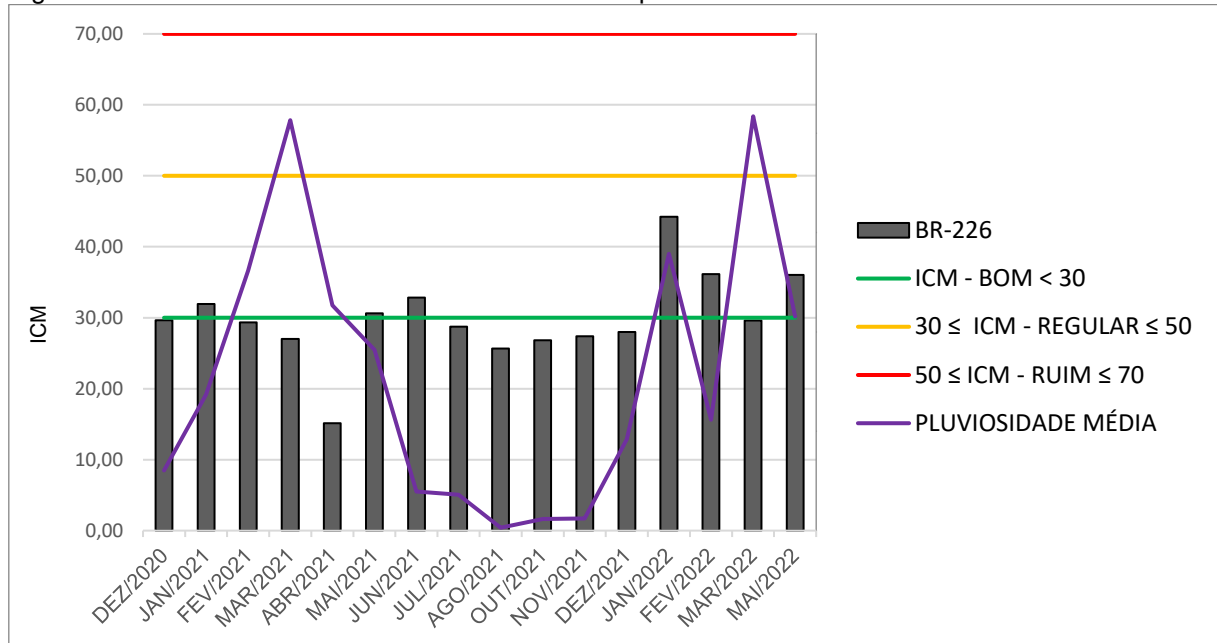
Relacionando os dados pluviométricos e as informações já apresentadas na Figura 25 percebe-se que os valores mais altos de ICM se concentram próximo aos picos de pluviosidade média. Nesses períodos o ICM varia entre 30 e 50.

Nos meses de abril/21, julho/21, outubro/21, novembro/21 e dezembro/21, a BR-122 apresentou ICM dentro da classificação “Bom”, se trata dos meses abaixo da linha verde. Os demais meses possuem ICM classificados como “Regular”, apesar de que o mês de dezembro/20 e fevereiro/21 se aproximaram a classificação “Ruim”.

4.3 BR – 226

Analisando o comportamento do ICM da BR-226 na Figura 26 é possível observar um pico do índice no mês de janeiro/22, enquanto os demais meses se mantiveram com pouca alteração.

Figura 26 – Pluviosidade Média x ICM da BR-226 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

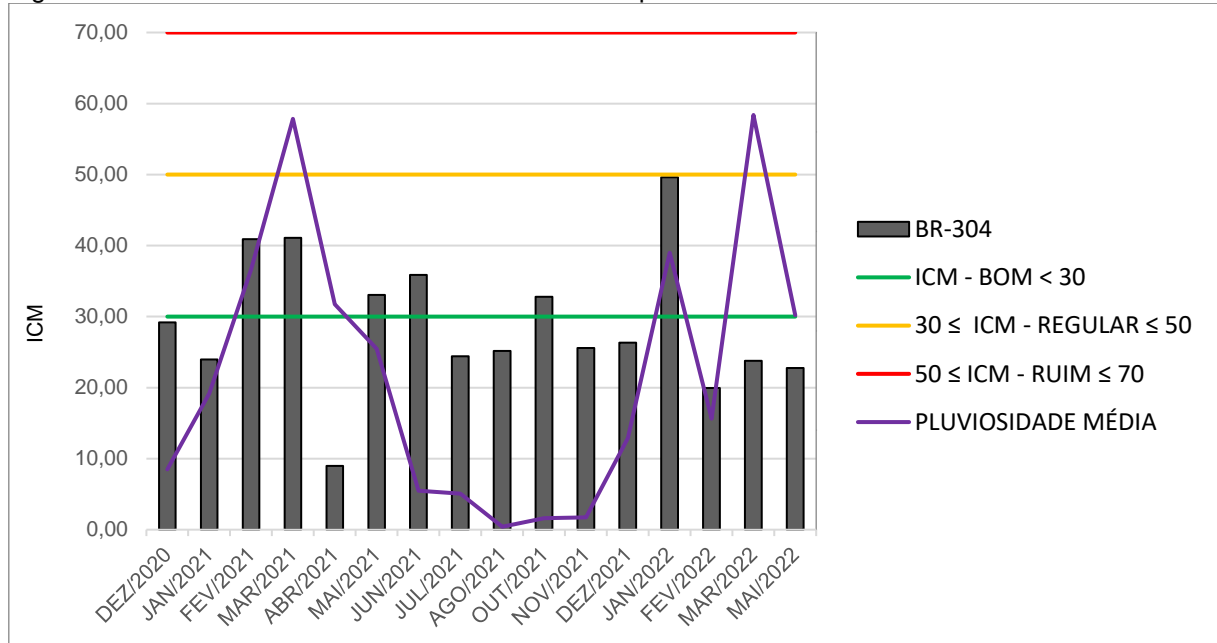
Quando comparado à pluviosidade média é notório que os meses que registraram poucas chuvas possuem valores de ICM regular, variando entre 30 e 20. Com o aumento da pluviosidade o ICM chega a ultrapassar 40.

Os meses de dezembro/20, fevereiro/21, março/21, abril/21, julho/21, agosto/21, outubro/21, novembro/21, dezembro/21 e março/22 registraram ICM dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde. Os demais meses estão dentro da classificação “Regular”, representado pelos valores acima da linha verde e abaixo da linha amarela. Não houve nenhum registro para a classificação “Ruim” nesse período.

4.4 BR – 304

Durante o período analisado, o mês com o ICM mais crítico da BR-304 foi janeiro/22, enquanto o mês com melhora significativa do ICM foi abril/21, seguindo o mesmo critério das demais rodovias como mostra a Figura 27:

Figura 27 – Pluviosidade Média x ICM da BR-304 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

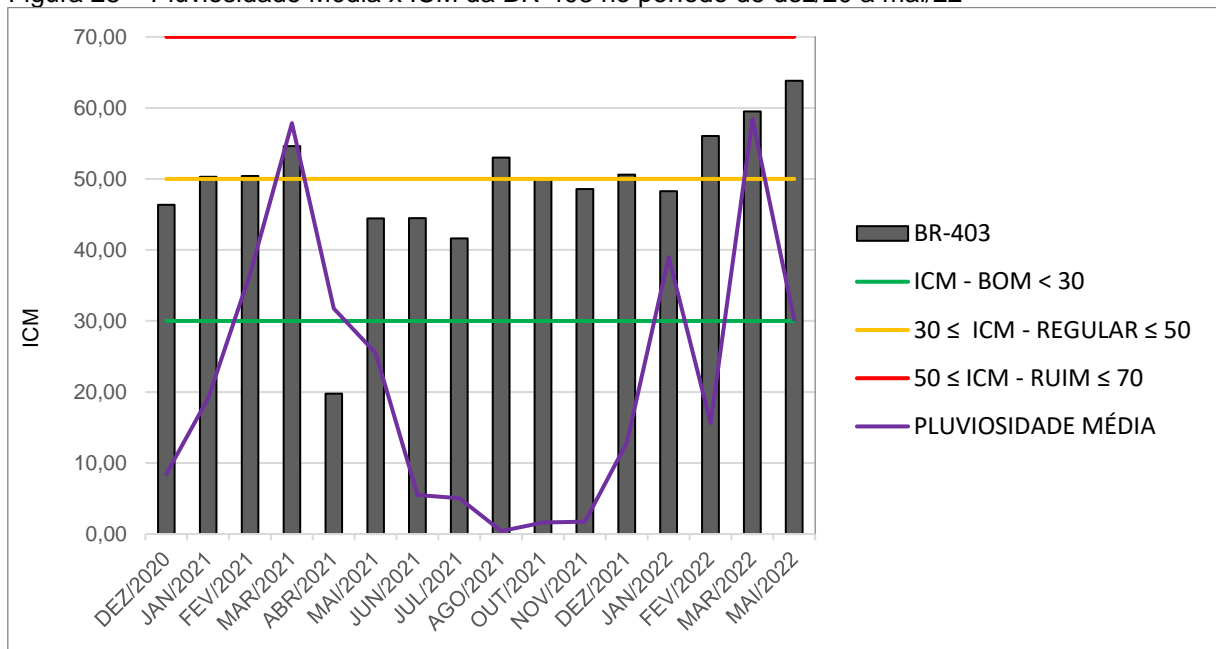
Ao ser comparado com a pluviosidade média mensal percebe-se que os meses com maior ICM se localizam próximo aos picos. fevereiro/21, março/21 e janeiro/22 registram valores de ICM maiores que 40.

Os meses de dezembro/20, janeiro/21, abril/21, julho/21, agosto/21, novembro/21, dezembro/21, fevereiro/22, março/22 e maio/22 estão dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde. Os demais meses se encontram dentro da classificação “Regular”, com o mês de janeiro/22 se aproximando da classificação “Ruim”.

4.5 BR – 403

Durante o período analisado, o mês com o ICM mais crítico da BR-403 foi maio/22, enquanto o mês com melhora significativa do ICM foi abril/21. Os demais meses registraram ICM alto, com pouca variação, de acordo com a Figura 28.

Figura 28 – Pluviosidade Média x ICM da BR-403 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

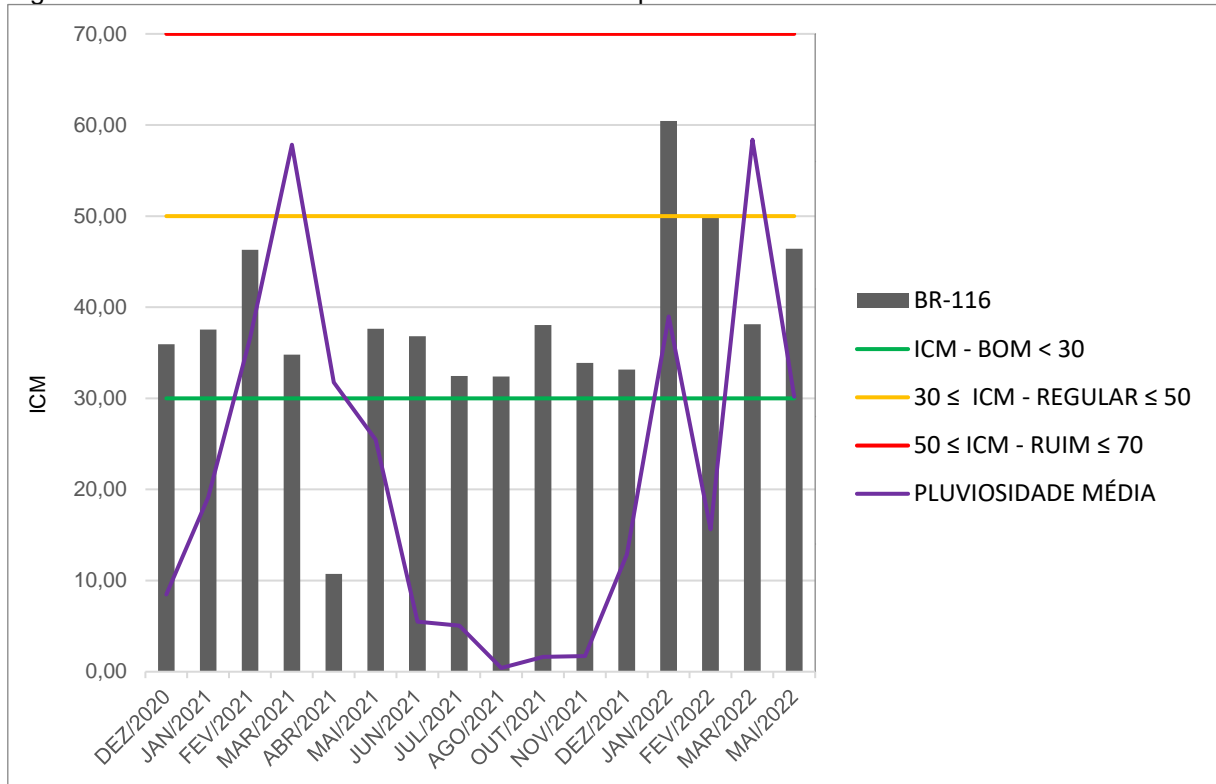
Ainda analisando a Figura 28, é possível identificar que os meses de pluviosidade elevada também apresentaram ICM alto, chegando a registrar ICM próximo a 60 nos meses de maior pico de pluviosidade, março/21 e março/22.

Apenas o mês de abril/21 está dentro da classificação “Bom” representado pela linha verde. Os meses de dezembro/20, maio/21, junho/21, julho/21, outubro/21, novembro/21 e janeiro/22 se encontram dentro da classificação “Regular”. Os meses de março/21, agosto/21, dezembro/21, fevereiro/22, março/22 e maio/22 foram classificados como “Ruim”.

4.6 BR – 116

De acordo com os dados da Figura 29, durante o período analisado o mês com o ICM mais crítico da BR-116 foi em janeiro/22, seguido pelo mês de fevereiro/22 e maio/22, que também registraram índices altos. O mês com melhora significativa do ICM foi em abril/21 e os demais meses registraram ICM alto com pouca variação.

Figura 29 – Pluviosidade Média x ICM da BR-116 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

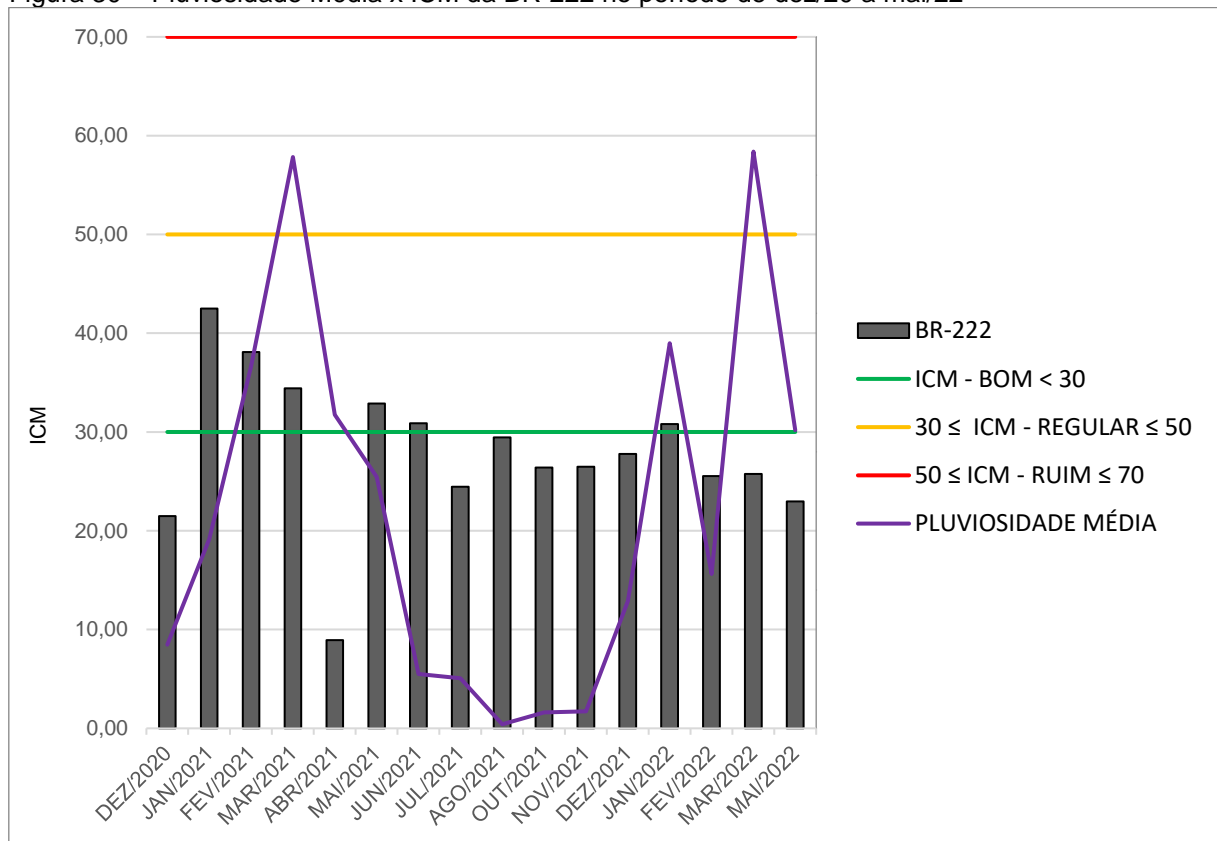
Confrontando com a média pluviométrica do Estado, o mês com menor ICM foi abril/21, período em que houve decréscimo da pluviosidade. O mês com maior ICM foi janeiro/22 que também registrou alta pluviosidade.

Apenas abril/21 possui registro dentro da classificação “Bom”, os meses restantes ficaram dentro da classificação “Regular”, com exceção do mês de janeiro/22 que atingiu ICM dentro da classificação “Ruim”.

4.7 BR – 222

Durante o período analisado, o mês com o ICM mais crítico da BR-222 foi em janeiro/21, seguido pelos meses de fevereiro/21 e março/21. Os meses com melhora significativa do ICM foram abril/21 e dezembro/20, os demais meses registraram pouca variação do índice. A Figura 30 mostra o ICM da BR-222 durante o período de análise.

Figura 30 – Pluviosidade Média x ICM da BR-222 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

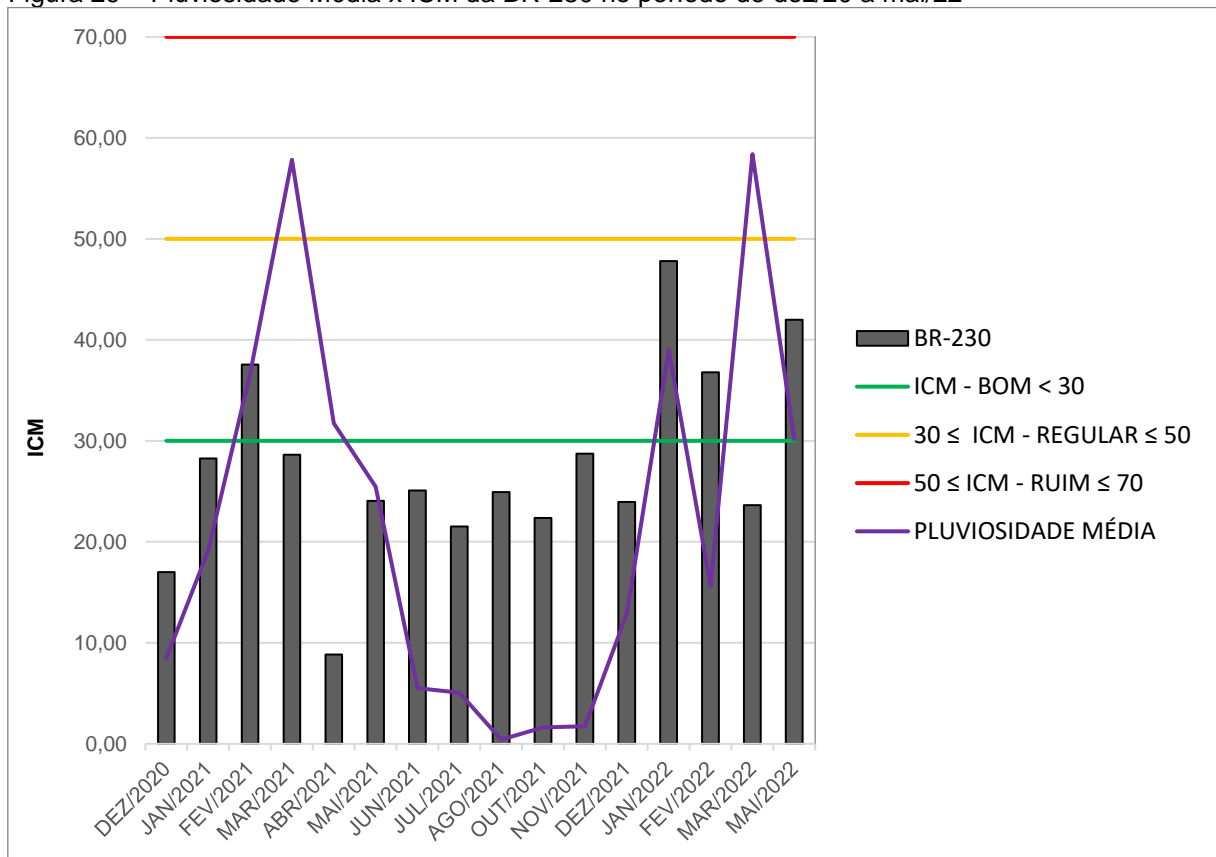
Com o aumento da pluviosidade entre dezembro/20 e março/21 o ICM cresceu e manteve índices altos. Logo após, no mês de abril/21 houve um decréscimo na pluviosidade refletindo no valor do ICM, que estava acima de trinta e baixou para, aproximadamente, 10 (Figura 30).

Os meses de dezembro/20, abril/21, julho/21, agosto/21, outubro/21, novembro/21, dezembro/21, fevereiro/22, março/22 e maio/22 estão dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde, enquanto que os demais meses se encontram dentro da classificação “Regular”.

4.8 BR – 230

De acordo com a Figura 31, o mês com o ICM mais crítico da BR-230 foi janeiro/22, seguido pelos meses de maio/22 e fevereiro/21. Por sua vez, o mês com melhora significativa do ICM foi em abril/21.

Figura 29 – Pluviosidade Média x ICM da BR-230 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

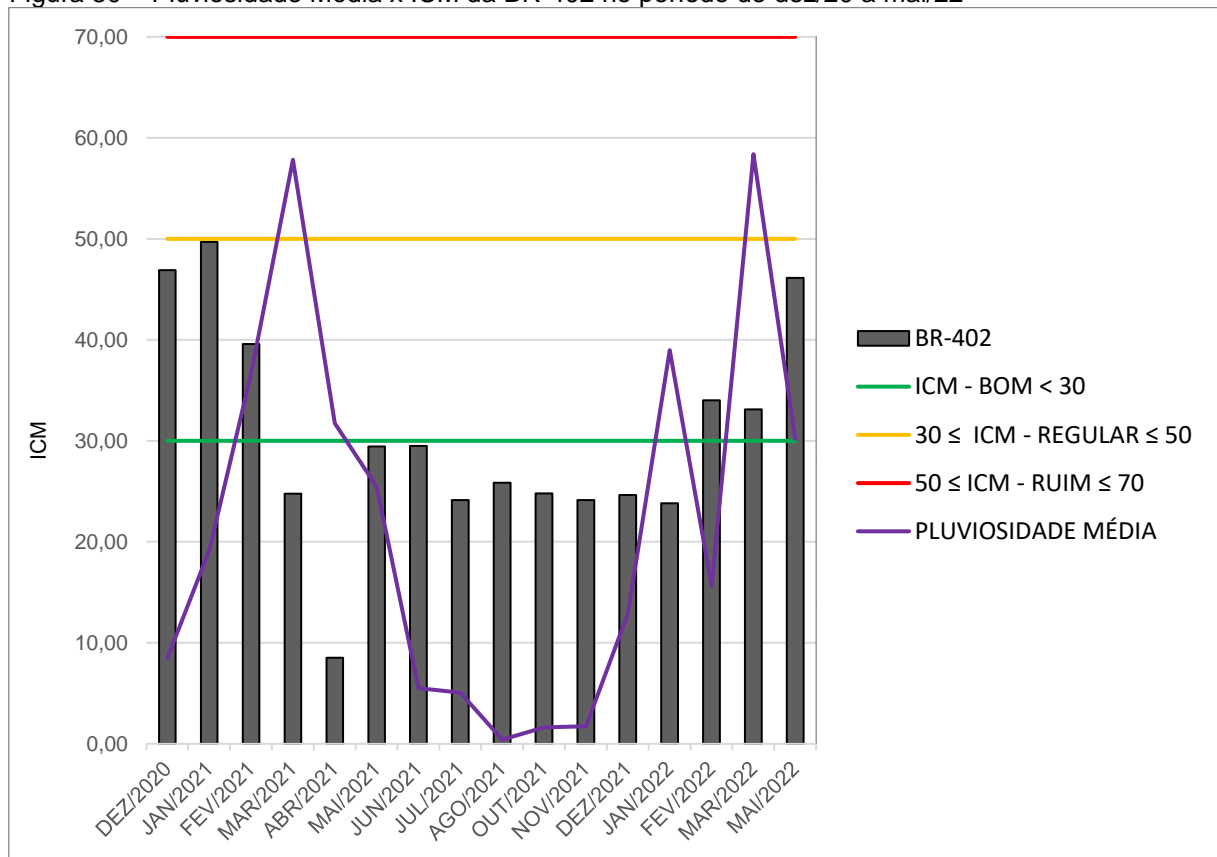
A Figura 31 também mostra o mês que o ICM acompanhou o aumento da pluviosidade, onde, os meses com maiores índices também apresentaram pluviosidade elevada.

Os meses de dezembro/20, janeiro/21, março/21, abril/21, maio/21, julho/21, agosto/21, outubro/21, novembro/21, dezembro/21 e março/22 que estão dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde, enquanto que os demais meses se encontram dentro da classificação “Regular”. O mês de janeiro/22 se aproximou da classificação “Ruim”.

4.9 BR – 402

O mês com o ICM mais crítico da BR-402 foi em janeiro/21 seguido pelos meses de dezembro/20 e maio/22. Por sua vez, o mês com melhora significativa do ICM foi em abril/21, como mostra a Figura 32:

Figura 30 – Pluviosidade Média x ICM da BR-402 no período de dez/20 a mai/22



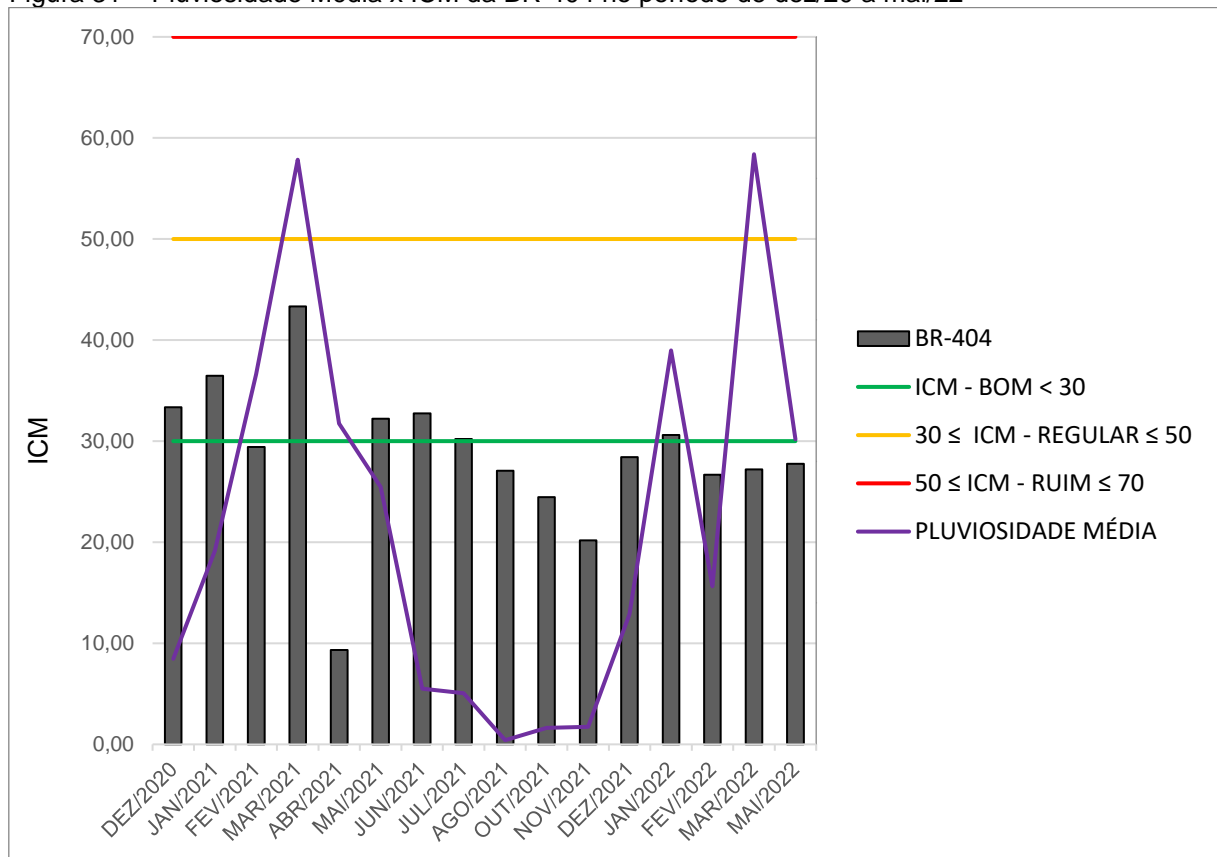
Fonte: Produzido pelo autor

Observando a média de pluviosidade, os meses com maiores valores de ICM são os meses próximos aos picos. O ICM nesse período ficou entre 40 e 50. Os meses de março/21, abril/21, maio/21, junho/21, julho/21, agosto/21, outubro/21, novembro/21, dezembro/21 e janeiro/22 estão dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde, enquanto que os demais meses se encontram dentro da classificação “Regular”. O mês de janeiro/21 se aproximou da classificação “Ruim”.

4.10 BR – 404

O mês com o ICM mais crítico da BR-404 foi em março/21. Por sua vez, o mês com melhora significativa do ICM foi em abril/21, como mostra a Figura 33:

Figura 31 – Pluviosidade Média x ICM da BR-404 no período de dez/20 a mai/22



Fonte: Produzido pelo autor

Observando a média da pluviosidade, ainda na Figura 33, o mês com maior ICM também foi o mês que teve maior pico de pluviosidade. Os meses de fevereiro/21, abril/21, agosto/21, outubro/21, novembro/21, dezembro/21, fevereiro/22, março/22 e maio/22 estão dentro da classificação “Bom”, representado pela linha verde. Em contrapartida, os demais meses se encontram dentro da classificação “Regular”.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a condição de dez rodovias federais brasileiras que ficam situadas no Estado do Ceará. Para isto, foi analisado o ICM médio de cada rodovia durante o período entre dezembro de 2020 e julho de 2022, classificando-as em quatro categorias: “Bom”, “Regular”, “Ruim” e “Péssimo”. Além disso, buscou-se entender qual a influência da pluviosidade na variação da condição dessas rodovias.

Durante o período em estudo, todas as rodovias se mantiveram dentro da classificação “Bom” e “Regular” com exceção da BR-116 e BR-403 que obtiveram registros dentro da classificação “Ruim”.

Foi possível identificar, após correlacionar os dados do ICM com os dados pluviométricos mensais do Estado do Ceará, que nos meses que registram pluviosidades mais baixas, os valores de ICM são menores. O mês de agosto do ano de 2021 registrou a menor pluviosidade do período, nesse mesmo mês foi identificado índices constantes nas rodovias: BR-020 (30,94) BR-116 (32,44), BR-112 (32,18), BR-222 (29,45), BR-226 (25,67), BR-230 (24,44), BR-304 (25,16), BR-402 (25,86), (BR-404 (27,08) exceto a BR-403 que registrou 53,01. Nos períodos de picos de pluviosidade o ICM também cresceu, demonstrando a influência da pluviosidade na qualidade funcional das rodovias analisadas.

A coleta dos dados pluviométricos não é feita de forma a analisar os dados isoladamente para a região de cada rodovia, só foi possível analisar o comportamento das chuvas para todo Estado. No entanto, apesar da variedade pluviométrica entre as regiões, principalmente a região litorânea, a quadra chuvosa acontece em todo estado entre fevereiro e maio.

Recomenda-se para estudos futuros a correlação com outros fatores, além da pluviosidade, que impactam diretamente na variação do índice como: volume de tráfego e investimento em ações de manutenção e reabilitação. Além disso, é recomendado a ampliação do período de estudo para que sejam contempladas maiores extensões de uma mesma rodovia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.C. Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias. 2018. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35669>> Acesso em 16 de set. 2021

BATISTA, C. M. (2010). Drenagem superficial de vias de comunicação. Tese de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/409>> Acesso em 10 de set. 2021.

BERNUCCI *ET AL*, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, v. 504, p. 27, 2008.

CHAN, C. K. *et al.* Implementation and evaluation of a pothole detection system on TI C6678 digital signal processor. In: **2014 6th European Embedded Design in Education and Research Conference (EDERC). IEEE**, 2014. p. 297-301. DOI: 10.1109/EDEC.2014.6924408. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6924408>> Acesso em 09 de ago. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**. 21. ed. Confederação Nacional de Transportes. Brasília: CNT, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. 24. ed. Confederação Nacional de Transportes. Brasília: CNT, 2021.

CONTRAN (Brasília). Contran-Denatran. RESOLUÇÃO Nº 236, DE 11 DE MAIO DE 2007. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**: Sinalização Horizontal, Brasília: CONTRAN, ano 2007, v. IV, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviarias/faixa-de-dominio/regulamentacao-atual/manual-de-sinalizacao-horizontal-contran>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CURSO AVANTE. **Sinalização Horizontal e Vertical**. Disponível em: Acesso em: 04 de Dezembro de 2017. DAC GESTÃO. Sinalização vertical. Disponível em: <<https://www.dacgestao.com.br/sinalizacao-vertical/>> Acesso em 01 de nov. 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). DNIT 006/2003 – PRO Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro 2003.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). DNIT 008/2003 – PRO Levantamento Visual Contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro 2003.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). DNIT 009/2003 – PRO Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro 2003.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Manual de conservação rodoviária. Rio de Janeiro, 2005.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Manual de Drenagem. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS - DER/MG (Minas Gerais). DER/MG. **DER-MG realiza serviços de manutenção e conservação em quatro rodovias do Jequitinhonha e Mucuri.** Minas Gerais: DER, 5 abr. 2021. Figura 12. Disponível em: <https://www.der.mg.gov.br/noticias/2472-der-mg-realiza-servicos-de-manutencao-e-conservacao-em-quatro-rodovias-do-jequitinhonha-e-mucuri>. Acesso em: 11 nov. 2022.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). INSTRUÇÃO DE SERVIÇO Nº 16 de 31/07/2019. Disponível em <https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/2019/InstruodeServio162019DC.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Capítulo 7: Terceira Faixa nas Rampas Ascendentes, pg. 177-186. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, 1999.

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DNER.) DE 01/HID-002 - Projeto de Drenagem. São Paulo, 2001.

DO NASCIMENTO LIRA, M.; DE OLIVEIRA, F. H. L. **A influência das avaliações objetiva e subjetiva na manutenção e reabilitação de rodovias brasileiras.** *In: Congresso Ibero Latinoamericano del Asfalto, XX., 2019, Ceará*

DUARTE, R. I. M.; DA SILVA SOUSA, E.; DE OLIVEIRA, F. H. L.. Análise comparativa da irregularidade longitudinal por faixas de tráfego obtida por aplicativo para smartphones. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 6, n. 2, p. 170-185, 2019. Disponível em: <<https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistaec/article/view/3297>> Acesso em 03 de ago. 2021

FERNANDES, R.de O. (2009). **Drenagem de Rodovias.** [PowerPoint de apresentado na II Semana de Construção Civil e Tecnologia na Universidade Regional do Cariri – URCA, 2012]. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=drenagem_rodovias_parte-i.pdf> Acesso em: 05 de nov. 2021

GRANGEIRO, S. L. S. **Análise estatística do índice de condição da manutenção em rodovias federais para o Estado do Ceará.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1059>>. Acesso em: 07 de nov. 2021

Instituto Nacional de Meteorologia. **Tabelas de dados da estação**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2022.

HAAS, R.; HUDSON, W. *Pavement Management Systems*. New York: McGraw-Hill, 1978. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.

PAZ, K. B. *et al.* **Identificação de defeitos do tipo “panela” em pavimento asfáltico por meio de redes neurais convolucionais**. In: 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Fortaleza, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56719/1/2020_eve_kbpaz.pdf. Acesso em: 10 de out de 2021.

PAULA, F. S. M. **Ceará 2050: Estudo Setorial Especial Transporte e Logística. Ceará**, 2018. Disponível em: <http://www.ceara2050.ce.gov.br/api/wp-content/uploads/2018/10/ceara-2050-estudo-setorial-especial-transporte-logistica.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022

PREGO, M. F.B. **Deteção e registo automático de irregularidades no asfalto**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Lisboa- 2017. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/28221/1/Prego_2017.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2021

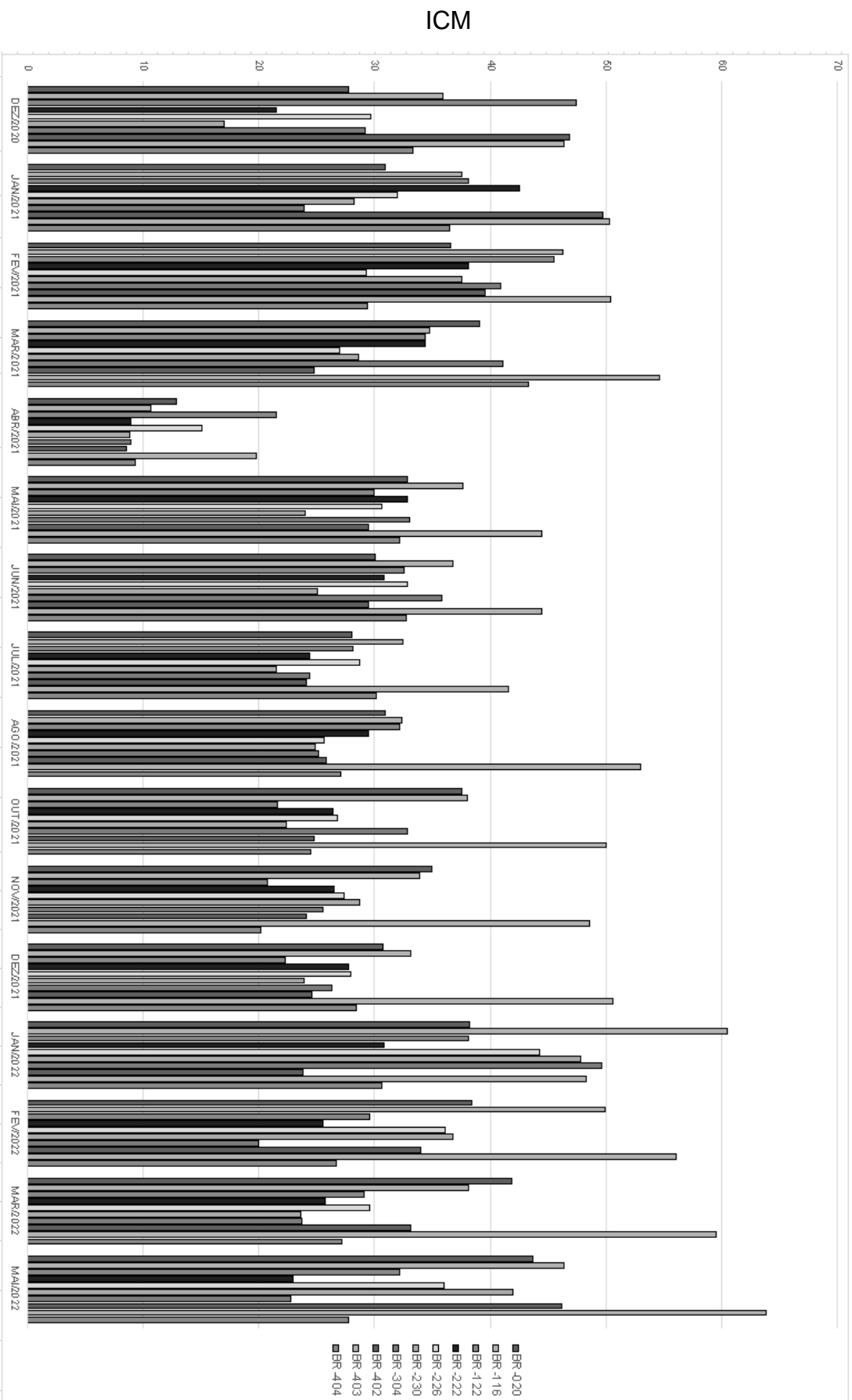
ROCHA, E. A. S. **A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM NAS RODOVIAS DE MANAUS –AM**. Universitário do Norte (Artigo). Manaus. 2018.

STRATA ENGENHARIA. **PRHD – Pavement Recorder HD**, c2019. Página Inicial. Disponível em: <http://www.strata.com.br/service/prhd-pavement-recorder-hd/>. Acesso em: 11 de nov. 2021

SALOMÃO ET AL, P. E. A. *et al.* A importância dos serviços de conservação em rodovias pavimentadas. **Research, Society and Development**, Itajubá. 8, n. 8, p. e16881189, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1189> Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662199016/560662199016.pdf>. Acesso em: 22 de nov. 2021

SILVA, P. O. A. e DE OLIVEIRA, R.F. **Patologias em Pavimentos Flexíveis. Gestão Tecnologia e Ciências - GENTEC**. Minas Gerais, v. 10, n. 30 (2021). Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2456>. Acesso em: 20 out. 2021

ICM médio das rodovias federais do Ceará de dezembro de 2020 a maio de 2022



Fonte: Produzido pelo autor

ANEXO 1