



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 15, Issue, 01, pp. 67503-67506, January, 2025

<https://doi.org/10.37118/ijdr.29154.01.2025>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DOS DIAS PARADOS EM OBRAS DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA EM FUNÇÃO DAS CHUVAS

¹Álvaro José Back, ²Rodrigo de Souza Germano, ³Fabiano Cardoso de Souza and ⁴Gabriel da Silva Souza

¹Eng. Agron. Dr. em Engenharia, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); ²Eng. Civil, mestrando em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); ³Eng. Agrimensor e Cartógrafo, mestrando em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); ⁴Eng. Agrimensor, Me. em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

ARTICLE INFO

Article History:

Received 28th November, 2024

Received in revised form

14th December, 2024

Accepted 25th December, 2024

Published online 30th January, 2025

Key Words:

Precipitation; Works; Earthworks; Budget; Planning.

*Corresponding author:

Álvaro José Back,

ABSTRACT

A ocorrência de chuvas impacta as atividades de engenharia, como terraplanagem e construção de estradas ou obras hidráulicas. A determinação dos dias parados é importante para a elaboração do cronograma de execução e também na estimativa dos custos e orçamentação da obra. O presente estudo teve como objetivo aplicar e avaliar os resultados obtidos por diferentes metodologias para a estimativa dos dias parados. Foi utilizada a série histórica de precipitação do período de 1977 a 2022, da estação pluviométrica de Araquari (SC). Foram calculados os dias parados usando os critérios de Mendes (2006), Mattos (2015) e a metodologia usada no Sicro (DNIT, 2017). A análise dos resultados evidenciou que a diferença do método de Mendes e Sicro deve-se fundamentalmente pela duração da jornada de trabalho diária considerada no método do Sicro.

Copyright©2025, Álvaro José Back et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Álvaro José Back, Rodrigo de Souza Germano, Fabiano Cardoso de Souza and Gabriel da Silva Souza. 2025. "Comparação de Métodos de Estimativa dos dias Parados em Obras de Engenharia Rodoviária em função das Chuvas". *International Journal of Development Research*, 15, (01), 67503-67506.

INTRODUCTION

A infraestrutura de transportes de um país é de extrema importância para o desenvolvimento de sua economia e seu crescimento, considerando que por ela, pessoas, bens e serviços são interligados. De acordo com a Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transporte e Logística (CNTTL, 2020), o transporte rodoviário de cargas é o principal meio de escoamento da maior parte da produção nacional, além de complementar o transporte de outros modais, seja no início ou no final de cada operação. Os volumes direcionados para o setor reduziram-se significativamente, de 1,8% para algo em torno de 0,3% do PIB no período 1975-2009, dos quais metade corresponde à participação dos investimentos em rodovias, de modo que apenas 0,15% do PIB são aplicados nos demais modais (CNT, 2010). As obras hidráulicas, como sistemas de drenagem urbana e de rodovias, bem como atividades de produção de energia e agricultura, dependem diretamente das características das chuvas para o seu dimensionamento e bom funcionamento (Pereira *et al.*, 2017). O ciclo da água está diretamente ligado ao clima. Assim, mudanças no clima que alterem o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e

longos períodos de seca, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021). As chuvas afetam diversas atividades tais como: agricultura, indústria e principalmente obras de engenharia, no que diz respeito aos serviços de terraplanagem (movimentação de terra). Essa implicação vai depender de sua duração e intensidade, como também a distribuição (ou concentração) ao longo do ano. Rodrigues (2020) aponta que o conjunto de atividades que possuem o objetivo de adaptar a natureza a si ou se adaptarem a ela, por meio de obras de construção, pode ser definido como a construção civil. Essa relação entre natureza e construção é o que torna necessária a busca por dados meteorológicos que auxiliem na boa execução do projeto, visando diminuir os impactos de influências climáticas, nas quais muitas vezes se tornam imprevisíveis. As obras de construção de rodovias são extremamente afetadas pelas condições climáticas. Nas regiões de clima tropical, as estações chuvosas representam um fator extremamente negativo na produtividade dos equipamentos e no ritmo de desenvolvimento da obra, que se reflete no custo dos serviços executados (Pires, 2007). Existem diferentes métodos aplicados para a estimativa dos dias parados em obras de Engenharia. O DNIT (2017) apresentou a metodologia do Sicro para cálculo dos custos de obras de rodovias em que incluiu o fator da influência das chuvas. O objetivo deste método

é antecipar a influência das precipitações pluviométricas e outras condições adversas na eficiência dos equipamentos, na produção mecânica e no desempenho da mão de obra (Castro, 2019). O presente estudo teve como objetivo aplicar e analisar os resultados de três metodologias usadas para a estimativa de dias parados em obras de Engenharia em função das chuvas da região de Araquari, no estado de Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários de precipitação do período de 1977 a 2022, da estação pluviométrica (código 02648020) pertencente à Rede Hidrológica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), localizada no município de Araquari, no Litoral Norte do estado de Santa Catarina. Os dados foram analisados determinando-se os totais mensais de chuva e o número de dias de chuva de cada mês. Foram considerados dias de chuva todos os dias com valores de precipitação acima de 0,1mm. Para a estimativa dos dias parados foram aplicadas três metodologias, sendo o método descrito por Mendes (2006), o método do Dnit (2017) e o método de Mattos (2015). No método de Mendes (2006) os dias parados são calculados em função da chuva diária (mm/dia) com parcela de interferência em um dia de trabalho, ou seja, percentual de um dia parado. De acordo com o método, intensidade de chuvas abaixo de 5mm tem interferência nula no dia, entre 5 e 10mm implicam no equivalente a 25% (0,25) do dia parado, dias com chuva entre 10 e 15mm considera-se metade do dia parado, chuvas entre 15 e 20mm determina que três quartos (0,75) do dia é paralisado e para chuvas acima de 20mm implica em 100% do dia parado. No método de Mattos (2015), considera-se que as chuvas menores que 5mm não interferem nas atividades. Para as chuvas diárias de 5 a 10mm o dia não é praticável, isto é, implicam em um dia parado. As chuvas diárias acima de 10mm, além de tornar o dia impraticável (um dia parado), também tornam 50% do dia seguinte impraticável (0,5 dia parado). Dessa forma, pode-se determinar os dias parados com o seguinte algoritmo:

Verificar a precipitação total do dia (P_i):

- Se $P_i < 5,0\text{mm}$ então $DP = 0$
- Se $5,0 \leq P_i \leq 10\text{mm}$ então $DP = 1,0$
- Se $P_i > 10\text{mm}$ então $DP = 1$ e DP seguinte $= 0,5$

Em que:

P_i – precipitação diária (mm); DP – Dia parado.

Na rotina de cálculo foi incluída uma restrição para DP ser menor ou igual a 1,0 ($DP \leq 1,0$), aplicado nos casos de um dia com chuva acima de 5mm sendo que o dia anterior a chuva foi superior a 10mm.

O método do SICRO considera que chuvas diárias inferiores a 5mm não interferem na atividade e chuvas acima de 20mm implicam na paralisação das atividades, e valores intermediários tem efeito proporcional. O DNIT (2017) considera que as atividades são realizadas em um turno de trabalho de 8 horas e dessa forma a intensidade da chuva é calculada por:

$$X_i = \frac{P_i}{3} \quad (1)$$

Onde:

X_i é a intensidade da chuva em 8 horas; P_i é a precipitação diária (mm).

Dessa forma, os dias parados podem ser calculados com o seguinte algoritmo:

- Se $X_i \leq 5$ então $DP = 0$
- Se $5 < X_i \leq 20$ então $DP = \frac{X_i}{15} - \frac{1}{3}$
- Se $X_i > 20$ então $DP = 1$

Para avaliar a influência da duração do tempo de trabalho diário, além do tempo de 8h, foram calculados os dias parados para os tempos de 12h, 16h e 24h. O fator número de dias parados por mês (nd) é calculado de acordo com a expressão:

$$nd = \frac{ndp}{ndm} \quad (2)$$

Onde:

- nd = fator de número de dias parados;
- ndp = número de dias parados no mês;
- ndm = número de dias do mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação média mensal no município de Araquari, varia de 83,9mm em agosto a 213,2mm em janeiro, apresentando uma média anual de 1534,3mm (Tabela 1). O período com maior volume de precipitação é na estação do verão (janeiro a março) com média mensal de 184,13mm. Durante o outono e inverno (abril a setembro) a média de precipitação mensal diminui para 104,0mm. Nos meses de outubro a dezembro as precipitações se elevam novamente, apresentando valor médio mensal de 127,0mm. Os valores obtidos estão coerentes com o estudo de Coanet *et al.* (2015) sobre chuva mensal no estado de Santa Catarina, no qual analisaram a precipitação diária do período de 1970 a 2012 de 92 estações pluviométricas. Observa-se que o comportamento das precipitações em fevereiro (174,8mm) e junho (96,0mm) na região de Araquari, são semelhantes ao demonstrado por Coelho e Back (2015) para a região de Sombrio, no litoral Sul do Estado de Santa Catarina, onde no mês de fevereiro apresentou valor de 156,2mm e em junho 101,7mm. A Tabela 1 ainda demonstra o número médio de dias de chuva mensal e anual. A média anual apresenta 159,1 dias de chuva, aproximadamente 43,5% dos dias do ano. Nos meses de junho, julho e agosto observa-se o menor número de dias de chuva com 10,0; 10,5 e 10,1 dias respectivamente, com redução também na precipitação total. Já o mês de janeiro é o que apresenta o maior número de dias de chuva com média de 17,5 dias.

Tabela 1. Precipitação média e dias de chuva em Araquari-SC, (1977-2022)

Período	Precipitação (mm)	Dias de Chuva
Janeiro	213,2	17,5
Fevereiro	174,8	14,4
Março	164,4	15,2
Abril	92,0	11,3
Mai	109,5	11,1
Junho	96,0	10,0
Julho	122,0	10,5
Agosto	83,9	10,1
Setembro	120,4	13,6
Outubro	129,4	15,4
Novembro	115,5	13,8
Dezembro	136,1	15,0
Anual	1534,3	159,1

Fonte: Back *et al.* (2024).

Na Tabela 2 são apresentados os valores do número de dias paralisados mensal e anual calculado para cada método. O método de Mattos é o mais conservador dos três métodos, apresentando no mês de janeiro 10,83 dias parados, sendo o maior entre eles. No período de abril a agosto (entre outono e inverno) são os meses que apresentaram o menor número de dias parados com média de 2,66 dias para o método de Mendes, 5,28 dias para o método de Mattos e 2,50 dias para o método do Sicro (24h). Os resultados mostram correlações positivas ($r > 0,99$) entre a precipitação total mensal e dias parados por todos os métodos. Da mesma forma, as correlações entre dias de chuva e dias parados foram todas positivas ($r > 0,99$) e significativas ($p < 0,05$), para todos os métodos testados. Quando se comparam os diferentes métodos de determinação dos dias parados observam-se diferenças significativas entre os métodos. O método de

Mattos apresenta valores na ordem de 90 a 100% superior aos valores médios obtidos no método de Mendes. Essas diferenças devem-se as diferenças nos critérios estabelecidos para dias parados. Ambos métodos consideram que chuvas inferiores a 5 mm não interferem na atividade. No entanto, no método de Mendes, somente chuvas superiores a 20 mm implicariam em um dia parado. Já o critério de Mattos, esse limite é de 10 mm, e ainda implica que pode acrescentar 0,5 dias parados no dia seguinte.

Também deve-se considerar que existem variações anuais da precipitação que podem ser mascaradas pelos valores médios. Back *et al.* (2022) mostraram que os valores de dias parados calculados com o método de Mendes se ajustam bem a distribuição Normal e Gama, e dessa forma, pode-se associar nível de probabilidade ou o risco de ocorrência de dias parados. Os autores mostraram que para Capinzal (SC) ocorrem em média 51,8 dias parados no ano, no entanto existe o risco de 10% de ocorrer mais de 63,4 dias parados no ano.

Tabela 2. Dias parados médio mensal e anual em Araquari-SC, (1977-2022) em função do método de cálculo

Período	Métodos					
	Mendes	Sicro (8h)	Sicro (12h)	Sicro (16h)	Sicro (24h)	Mattos
Janeiro	5,72	1,71	2,84	3,82	5,39	10,83
Fevereiro	4,40	1,36	2,22	3,03	4,16	8,32
Março	4,38	1,31	2,21	2,99	4,21	8,28
Abril	2,64	0,61	1,16	1,67	2,46	5,41
Mai	2,85	0,85	1,46	1,97	2,70	5,29
Junho	2,8	0,64	1,24	1,77	2,61	5,59
Julho	2,67	0,75	1,28	1,75	2,53	5,19
Agosto	2,36	0,51	0,96	1,39	2,18	4,93
Setembro	3,28	0,89	1,55	2,13	3,07	6,68
Outubro	3,85	0,88	1,72	2,47	3,63	7,54
Novembro	3,47	0,72	1,45	2,11	3,25	6,95
Dezembro	4,12	0,79	1,57	2,39	3,82	8,67
Anual	42,6	10,96	19,65	27,51	40,15	83,77

Fonte: Back *et al.* (2024).

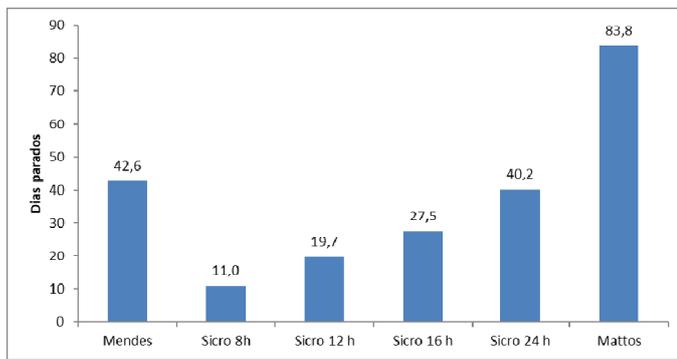
Tabela 3. Fator nd médio mensal de Araquari-SC, (1977-2022) em função do método de cálculo

Período	Métodos					
	Mendes	Sicro (8h)	Sicro (12h)	Sicro (16h)	Sicro (24h)	Mattos
Janeiro	0,184	0,055	0,092	0,123	0,174	0,349
Fevereiro	0,157	0,048	0,079	0,107	0,148	0,295
Março	0,141	0,042	0,071	0,096	0,136	0,267
Abril	0,088	0,020	0,039	0,056	0,082	0,180
Mai	0,092	0,028	0,047	0,064	0,087	0,171
Junho	0,093	0,021	0,041	0,059	0,087	0,186
Julho	0,086	0,024	0,041	0,056	0,082	0,167
Agosto	0,076	0,016	0,031	0,045	0,070	0,159
Setembro	0,109	0,030	0,052	0,071	0,102	0,223
Outubro	0,124	0,028	0,056	0,080	0,117	0,243
Novembro	0,116	0,024	0,048	0,070	0,108	0,232
Dezembro	0,133	0,025	0,051	0,077	0,123	0,28
Anual	0,117	0,030	0,054	0,075	0,110	0,229

Fonte: Back *et al.* (2024).

Dessa forma, dias com chuva acima de 10,1 mm seriam computados como 1,5 dias parados (ou 1,0 dia parado, caso o dia seguinte também foi chuvoso) no método de Mattos, e somente 0,5 dias parados no método de Mendes. O método Sicro usa os mesmos valores limites do método de Mendes, diferindo por considerar somente 8 horas (Sicro8h) diárias e realizar uma interpolação linear e não em faixas como o método de Mendes. Observa-se que os valores de dias parados do método Sicro (8h) representam de 19 a 31% dos valores obtidos com o método de Mendes. Para Sicro (12h) essa relação variou e 38 a 50%, aumentado para 58 a 69% no Sicro (16h). Para o Sicro (24) essas relações variam de 92 a 96 %, em que a diferença (8 a 4%) se deve a interpolação linear usada no método Sicro e em classes no método de Mendes. Constata-se assim, que o método utilizado no cálculo de dias parados tem forte influência no resultado obtido. Dessa forma, a escolha do método dependerá da sua aplicação. Os métodos de Mendes e Sicro foram desenvolvidos para estimar os dias parados em obras de rodovias, no entanto, ao considerar o turno de trabalho de 8 horas, o método do Sicro impacta profundamente na redução dos valores estimados. Com relação à média dos dias parados anual, fica evidenciado na Figura 1 que o método de Mattos é o mais conservador das três metodologias, apresentando 83,8 dias parados no ano, correspondendo a praticamente o dobro de dias se comparado aos métodos de Mendes e do Sicro (24h). O método do Sicro (8h) é o que apresenta menor média, com 10,96 dias parados. O método de Mendes e do Sicro(24h) se apresentam extremamente semelhantes, apresentando 42,6 dias e 40,15 dias respectivamente.

Esses resultados mostram que é possível avançar nos estudos de dias parados avaliando valores limites de chuva para diferentes atividades bem como utilizar critérios de risco (probabilidade) na definição dos dias parados e estabelecimento de cronogramas e custos de obras. O fator nd para a região de Araquari foi calculado de acordo com a expressão (2), ele é o resultado da razão de dias parados no mês pelo número de dias do mês. O fator está diretamente relacionado ao volume de precipitação e o número de dias parados, ou seja, quanto maior for o volume de chuvas, maior será o número de dias parados e consequentemente maior será o fator nd. A Tabela 3 mostra que o método de Mattos é o mais conservador apresentando o maior fator nd para o mês de janeiro de 0,349 (34,9%), praticamente o dobro se comparado ao método de Mendes e do Sicro (24h) para o mesmo mês que apresentaram 0,184 e 0,174 respectivamente. Os fatores de Mendes e do Sicro (24h) mostram a semelhança entre os dois métodos, já o método do Sicro (8h) apresenta os menores fatores mensais e anuais. O fator nd anual do método de Mendes de 0,117 e do Sicro (24h) de 0,110 estão coerentes com o estudo de Mendes (2006) para o estado de Santa Catarina que apresentou nd de 0,154. Com base nos resultados das análises de precipitação e dias parados mensal e anual para a região de Araquari, no Estado de Santa Catarina pode-se concluir que existe forte correlação entre a chuva total mensal e número de dias de chuva com os dias parados estimados pelos diferentes métodos. Com relação aos métodos de estimativa de dias parados foram observadas grandes diferenças nos resultados dos valores médios de dias parados mensais e anuais obtidos pelos diferentes métodos.



Fonte: Back *et al.* (2024)

Figura 1. Média anual de dias parados em Araquari (SC) (1977 a 2022)

O método de Mattos apresentou valores praticamente o dobro do método de Mendes, sendo essa diferença devido aos critérios de chuva diária usados como limites para a definição de dias parados. Já o método Sicro, calculado como definido pelo DNIT, considerando 8 horas diárias apresenta valores da ordem de 19 a 31% do valor obtido como o método de Mendes. Essa diferença deve-se principalmente a redução da jornada de trabalho para 8 horas. Na medida em que se aumenta essa jornada de trabalhos os as diferenças se reduzem, ficando somente de 4 a 8% quando a jornada é de 24 horas.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Ministério do Desenvolvimento Regional. Mudanças climáticas e recursos hídricos, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos> (acesso em 13/08/2023).
- BACK, Á. J.; BACK, B.; BACK, L. Probabilidade de dias parados em obras de engenharia em função das chuvas da região de Capinzal, Santa Catarina. In: XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Anais... SBCG, Guarapuava, Paraná. p.1-12, 2023.

- CASTRO, B. M. Dias paralisados em obras rodoviárias em função das chuvas: determinação do nível de esforço de roçada associado aos postos pluviométricos do Tocantins. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.
- CNTLL. Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transporte e Logística: Modal rodoviário 2020, 2020. Disponível em: <https://cnttl.org.br/modal-rodoviario> (acesso em 14/08/2024).
- COAN, B. D. P.; BACK, Á. J.; BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável
- COELHO, D.; BACK, Á. J. Estimativa dos dias parados em obras de Engenharia em função da chuva. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 15p, 2015.
- Confederação Nacional do Transporte (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial. Brasília: CNT-SEST-SENAT, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). Manual de custos de infra-estrutura de transportes, v. 06 – Fator de Influência de Chuvas, n. 1ª Edição – Versão 3.0. Brasília, 2017.
- MATTOS, A. D. O Impacto das Chuvas no Planejamento. 1. ed. São Paulo: Editora Pini LTDA, 2015.
- MENDES, O. R. Influência das Chuvas em Obras de Engenharia, 2006.
- no Estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Climatologia, v.15, p.122-142, 2015.
- PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri – Goiás. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 2, 17 ago, 2017.
- PIRES, A. S. Planejamento De Obras Rodoviárias Rodoanel – Trecho Sul – Lote 4, 2007.
- RODRIGUES, W. R. O estudo meteorológico aplicado para otimização de projetos da construção civil. O Estudo Meteorológico Aplicado Para Otimização De Projetos Da Construção CIVIL, [s. l.], 2020.
