Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
UFGD Editora

AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA: CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE DISTRIBUIÇÃO E ESTIMATIVA DE VALORES NOS PERCENTIS SUPERIORES

Daily thermal range: characterization of the type of distribution and estimation of values in the upper percentiles

Amplitud térmica diaria: caracterización del tipo de distribución y estimación de valores en los percentiles superiores

Leandro Carlos Fernandes
Universidade Federal do Paraná / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
leandrofernandes@ufpr.br

Resumo: Projetar edificações passivas que apresentem ambientes térmicos adequados para as atividades humanas demanda conhecer aspectos do clima no qual essas edificações serão instaladas. Entre esses aspectos estão as amplitudes térmicas diárias (ΔTd). Conhecê-las possibilita especificar com mais precisão o envelope, os elementos internos e a forma da edificação. No entanto, as ΔTd não aparecem nas normais climatológicas e poucas são as localidades para as quais elas são publicadas. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo compreender melhor essa variável e verificar a existência de padrões em sua distribuição. Secundariamente, visou propor e avaliar métodos para estimativa das amplitudes térmicas diárias em uma localidade em diferentes percentis. Para atingir esses objetivos, foram analisados dados de 153 localidades do estado de Santa Catarina, região com contextos climáticos variados. A análise apontou que as amplitudes térmicas diárias apresentam uma distribuição normal e que é possível fazer estimativas para os percentis superiores para uma localidade a partir da sua média anual. Foram propostos três métodos para estimativas em diferentes percentis. A aplicação dos três métodos a 44 localidades do estado do Rio Grande do Sul indicou que os três apresentaram resultados satisfatórios para percentis entre 70 e 99.

Palavras-chave: Oscilações térmicas diárias. Estimativa de amplitudes térmicas. Edificações passivas.

Abstract: Designing passive buildings that present adequate thermal environments for human activities requires knowing aspects of the climate in which these buildings will be installed. Among these aspects are the daily thermal ranges (DTR). Knowing the DTR makes it possible to more accurately specify the envelope, the internal elements and the shape of the building. However, in Brazil, little is known about DTR. There are few localities for which DTRs are published. Therefore, this research aimed to better understand this variable and verify the existence of patterns in its

distribution. Secondarily, it aimed to propose and evaluate methods for estimating daily temperature ranges in different percentiles. To achieve these goals, data from 153 locations in the state of Santa Catarina, a region with varied climatic contexts, were analyzed. The analysis pointed out that the daily temperature ranges have a normal distribution and that it is possible to make estimates for the upper percentiles for a location based on its annual average. Three methods for estimating at different percentiles have been proposed. The application of the methods to 44 locations in the state of Rio Grande do Sul indicated that the three presented satisfactory results for percentiles between 70 and 99.

Keywords: Daily temperature ranges. DTR. Estimation of temperature ranges. Passive buildings.

Resumen: Diseñar edificios pasivos que presenten ambientes térmicos adecuados para las actividades humanas requiere conocer aspectos del clima en el que se instalarán estos edificios. Entre estos aspectos se encuentran las amplitudes térmicas diarias (ΔTd). Su conocimiento permite precisar con mayor precisión la envolvente, los elementos internos y la forma del edificio. Sin embargo, ΔTd no aparecen en las normas climatológicas y son pocas las localidades para las que se publican. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo comprender mejor esta variable y verificar la existencia de patrones en su distribución. En segundo lugar, tuvo como objetivo proponer y evaluar métodos para estimar amplitudes térmicas diarias en una localidad en diferentes percentiles. Para lograr estos objetivos, se analizaron datos de 153 localidades del estado de Santa Catarina, una región con contextos climáticos variados. El análisis mostró que las amplitudes térmicas diarias tienen una distribución normal y que es posible realizar estimaciones de los percentiles superiores para una localidad a partir de su promedio anual. Se propusieron tres métodos para las estimaciones en diferentes percentiles. La aplicación de los tres métodos en 44 localidades del estado de Rio Grande do Sul indicó que los tres presentaron resultados satisfactorios para percentiles entre 70 y 99.

Palabras clave: Oscilaciones térmicas diarias. Estimación de amplitudes térmicas. Edificios pasivos.

Submetido em: 21/07/2022
Aceito para publicação em: 30/06/2023
Publicado em: 03/08/2023

1. INTRODUÇÃO

Projetar edificações passivas que apresentem temperaturas internas adequadas para as atividades humanas demanda conhecer o clima do local para o qual se projeta. Entre os aspectos de interesse para caracterização de um clima local estão: a pluviosidade, a nebulosidade, a umidade relativa, a radiação solar, a direção e a intensidade dos ventos, as temperaturas e as amplitudes térmicas. Nas etapas iniciais de projeto, costumam ser valorizados dados sobre umidade relativa, temperatura, direção dos ventos e radiação. Considerando estas variáveis, foram desenvolvidas ferramentas gráficas para apoiar os processos decisórios dos projetistas. São exemplos os Diagramas Bioclimáticos de Olgyay (1967) e Givoni (1992). Também são utilizados os diagramas rosa dos ventos e carta solar (OLGYAY, 2008). Alternativamente, também existem ferramentas de apoio para as fases iniciais de projeto que enfatizam a importância de se considerar as amplitudes térmicas do clima. Entre elas, citam-se: os Triângulos de Evans (EVANS, 2003); as Tabelas de Mahoney (KOENIGSBERGER *et al*., 1973); e os Diagramas Antropoclimáticos (FERNANDES, 2020).

Sendo função das edificações prover ambientes com condições adequadas para a permanência humana, cabe dar atenção ao controle da amplitude térmica diária em ambientes internos em função do impacto desta na saúde dos usuários. Pesquisas recentes apontam que valores altos para a amplitude térmica diária altas estão relacionados com maiores taxas de hospitalização, de mortalidade, de ataques cardíacos, de problemas com pressão alta (CHENG *et al*., 2014) e doenças respiratórias como COVID-19 (MA *et al*., 2020), asma (XU *et al*., 2013) e tuberculose (HUANG *et al*., 2020), entre outros. Os grupos mais afetados são o de idosos e o de crianças (CHENG *et al.*, 2014).

Conhecer as amplitudes térmicas diárias (ΔTd) do ambiente externo permite indicar com mais precisão o tipo de processo construtivo recomendado para regular as ΔTd no ambiente interno das edificações. Quanto maiores as ΔTd no ambiente externo, maior deve ser a capacidade térmica dos componentes das edificações (VERBEKE; AUDENAERT, 2018). Recomendações neste sentido são apresentadas pela normativa NBR 15.220, que sugere utilizar alta capacidade térmica em seis das oito zonas bioclimáticas brasileiras (ABNT, 2005).

Dada a importância das ΔTd para a correta especificação de sistemas construtivos, é recomendável que as informações a respeito sejam de fácil acesso. Devem ser disponibilizadas

informações com nível de detalhe equivalente ao nível de desempenho esperado das edificações. Considerando que as edificações passivas devem ser eficientes tanto nos períodos amenos do ano quanto nos períodos mais rigorosos, é necessário que também sejam disponibilizados dados sobre as ΔTd desses períodos mais rigorosos. No entanto, no Brasil, dados sobre os períodos com as ΔTd mais expressivas não são amplamente publicados.

No Brasil, são poucas as publicações voltadas para a construção civil contendo as ΔTd em diferentes percentis. Um dos poucos exemplos é a obra *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras* (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998). No entanto, como diz o título, contempla poucas localidades. Um tipo de conjunto de dados bastante difundido e conhecido dos projetistas são as Normais Climatológicas, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para 440 estações meteorológicas de superfície (DINIZ; RAMOS; REBELLO, 2014). Porém, a publicação não possui foco na construção civil e não apresenta dados sobre ΔTd.

Um esforço para o mapeamento das amplitudes térmicas no Brasil foi realizado por Landau *et al*. (2009a). No entanto, a pesquisa abordou amplitudes térmicas mensais (ΔTm) e anuais (ΔTa), e não diárias (ΔTd). As menores ΔTa foram verificadas na Região Amazônica e nas áreas costeiras, enquanto a parte oeste da Região Sul apresentou os valores mais altos. As maiores ΔTm foram observadas no inverno, no estado do Mato Grosso, nas áreas de cerrado. Os pesquisadores também concluíram que as áreas com menores amplitudes térmicas coincidem com aquelas com maior diversidade biológica natural. Outra pesquisa de abrangência nacional avaliou as tendências de variação das ΔTm e ΔTa em função das mudanças climáticas (LANDAU *et al*., 2009b). A pesquisa indica que as amplitudes variam ao longo do tempo e aponta para tendência de aumento na Região Amazônica e diminuição nas regiões litorâneas dos estados Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Em resumo, conhecer as ΔTd é importante para a correta especificação de sistemas construtivos. Valorizar e disponibilizar dados atualizados sobre as ΔTd pode estimular o surgimento de novas ferramentas de apoio para projetistas a fim de facilitar o processo de projeto de edificações com alto desempenho térmico. Porém, os dados sobre as ΔTd não são amplamente divulgados no Brasil. São poucas as pesquisas buscando descrever como ocorre a distribuição das ΔTd e faltam informações a respeito das ΔTd nos percentis mais altos, representativos dos períodos mais rigorosos.

Esta pesquisa teve como objetivo verificar a existência de padrões e caracterizar o tipo de distribuição das amplitudes térmicas diárias. Secundariamente, visou propor e avaliar métodos para estimativa das amplitudes térmicas diárias em diferentes percentis utilizando como variável explicativa a média anual das amplitudes térmicas diárias.

2. MÉTODO

2.1. Dados para análise e calibração dos modelos estimativos das ΔTd

Para esta etapa, foram utilizados apenas dados do estado de Santa Catarina. Esta escolha se deve ao grande volume de dados disponível para este estado. As ΔTd foram calculadas (1) a partir de dados diários de temperaturas mínimas (Tmín) e máximas (Tmáx) fornecidos, após solicitação por escrito, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). Dispunha-se de dados de 202 estações meteorológicas de diferentes períodos entre 01/01/2012 e 31/12/2019.

(1) $$\Delta Td = T_{máx} - T_{mín}$$

2.2. Dados para validação dos modelos para estimativa das ΔTd

Para testar os modelos estimativos foram utilizados dados de 50 estações meteorológicas do estado do Rio Grande do Sul obtidos em site mantido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA / Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (https://www.agritempo.gov.br) e medidos por estações pertencentes à rede INMET. Foram levantados dados diários das Tmín e Tmáx. Após tratamento e eliminação de dados inconsistentes, para cada dia, foi calculada a ΔTd conforme a Equação 1. O levantamento considerou apenas dados disponíveis para o período 2000-2019. A disponibilidade de dados variou de uma estação meteorológica para a outra.

2.3. Processamento dos dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram filtrados para evitar distorção dos resultados. O primeiro filtro eliminou as localidades cujos dados apresentaram inconsistências. Das 202 localidades iniciais do estado de Santa Catarina, uma foi retirada por não apresentar dados das Tmáx diárias, restando 201. Das 50 localidades do estado do Rio Grande do Sul, foram retiradas quatro localidades, restando 46.

O segundo filtro eliminou os dados das localidades com menos do que 730 dias com registros, equivalente a dois anos. Esse filtro eliminou os dados de 45 localidades de Santa Catarina, restando 156. Das localidades do Rio Grande do Sul, excluíram-se duas, restando 44.

Os demais filtros buscaram excluir outliers. Ou seja, dados cuja dispersão em relação à média fosse superior a três vezes o desvio padrão.

A primeira verificação de outliers analisou a relação entre as médias anuais das amplitudes térmicas diárias (ΔTdméd) e as respectivas amplitudes térmicas diárias no percentil 99 (ΔTdp99). A plotagem desses dados sobre um gráfico de dispersão evidenciou que a ΔTdp99 tende a estar próxima da linha de seus valores médios, passíveis de serem estimados a partir da ΔTdméd. Para identificar os outliers, para cada localidade, foram calculados os valores médios para o percentil 99 da distribuição. Em seguida, foram calculadas as diferenças em relação a esses valores. Dos dados de Santa Catarina, esse filtro resultou na eliminação dos dados de uma localidade. Quanto às localidades do Rio Grande do Sul, não foram identificados outliers.

A segunda verificação de outliers analisou a relação entre as médias anuais das ΔTdméd locais e os desvios padrão das ΔTd locais. Novamente, a segunda variável tende a estar próxima de valores médios que podem ser estimados por uma equação de regressão linear tendo as ΔTdméd como variáveis explicativas. Neste caso, quando calculadas as diferenças em relação aos valores médios, não foram identificados outliers entre as localidades dos dois estados.

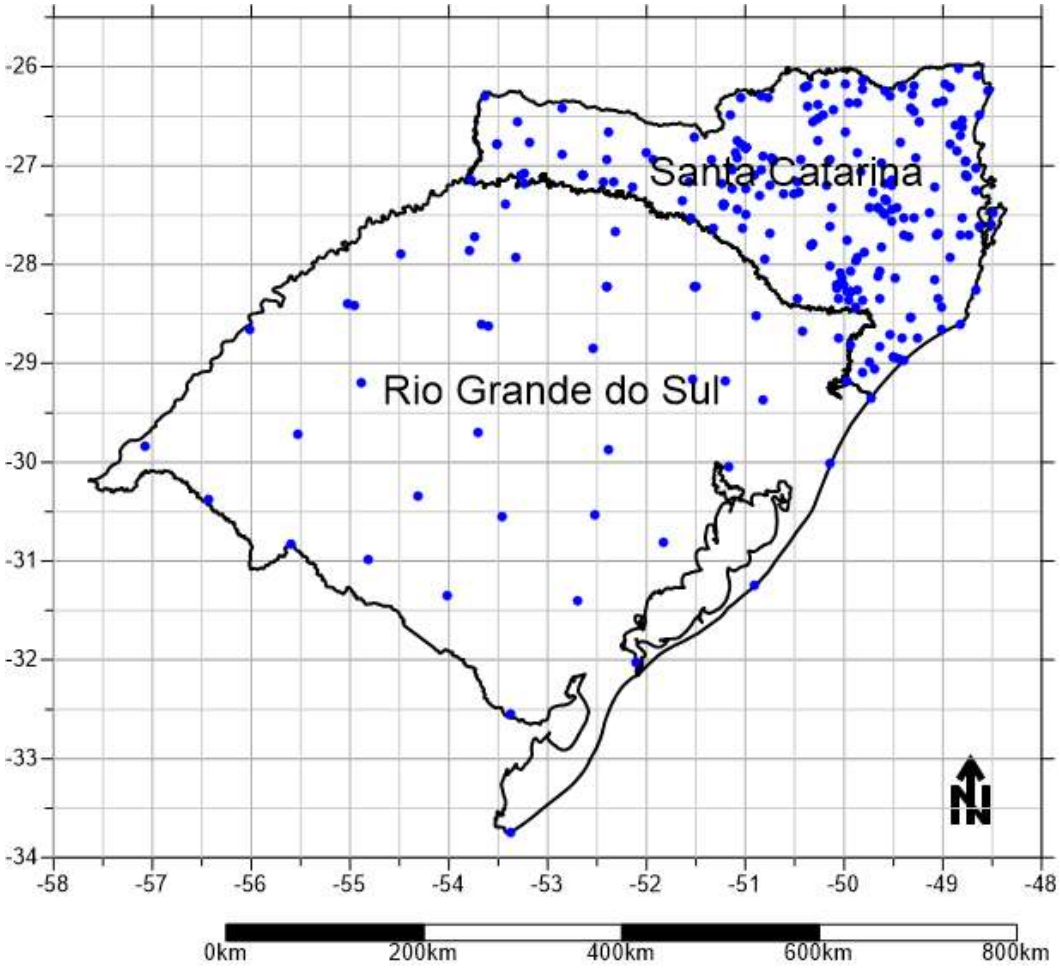
A terceira verificação de outliers analisou a relação entre o desvio padrão das ΔTd locais e as ΔTd no percentil 99 (ΔTdp99). Mais uma vez, a segunda variável tende a estar próxima de seus valores médios, passiveis de serem estimados a partir da primeira. Estimadas as médias das ΔTdp99 em função do desvio padrão e verificadas as diferenças em relação aos

dados medidos, este procedimento permitiu apontar como outliers os dados de duas localidades de Santa Catarina e de uma localidade do Rio Grande do Sul.

Eliminadas as localidades com dados inconsistentes e os outliers, restaram 153 localidades de Santa Catarina para análise quanto à distribuição das amplitudes térmicas diárias e 44 localidades do Rio Grande do Sul para validação dos métodos estimativos propostos. Mesmo com a redução no número de localidades catarinenses, o número de estações meteorológicas com dados válidos remanescentes foi expressivo. Em comparação, as 153 estações meteorológicas de Santa Catarina equivalem a 46 % do número de estações meteorológicas consideradas no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, válido para os 26 estados e para o Distrito Federal, e definido pela parte três da NBR 15.220, que contou com dados de 330 estações (ABNT, 2005).

A localização das estações meteorológicas nos dois estados é mostrada na Figura 1.

Figura 1- Estações meteorológicas nos estados Santa Catarina e Rio Grande do Sul.



Fonte: Autoria própria.

2.4. Verificação de padrões na distribuição das ΔTd

Para esta análise foram utilizados dados das ΔTd do estado de Santa Catarina. Buscou-se compreender os padrões de distribuição e avaliar possíveis caminhos para a estimativa de valores nos percentis superiores.

2.4.1. Médias anuais das temperaturas do ar ($T_{méd}$) *versus* médias anuais das amplitudes térmicas diárias ($\Delta Td_{méd}$)

Para esta etapa, foram calculadas as médias anuais das temperaturas locais (Tméd), as médias anuais das amplitudes térmicas diárias locais (ΔTdméd) e os respectivos desvios padrão (σ). Em seguida, verificou-se a intensidade da correlação entre as ΔTdméd e as Tméd. Também foi medida a intensidade da correlação entre os desvios padrão das amplitudes térmicas e das médias anuais das temperaturas.

2.4.2. Razão entre as amplitudes térmicas diárias em diferentes percentis e as médias anuais

Nesta análise, para cada localidade, foram calculadas as médias anuais das ΔTdméd e os valores médios das ΔTd para 13 percentis (ΔTdpn) de interesse (99,5, 99, 97,5, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55 e 50). Em seguida, verificou-se como as ΔTd máximas (ΔTdmáx) e as ΔTd nos diferentes percentis se relacionam com as ΔTdméd anuais. Para isso, para cada localidade, calculou-se um coeficiente que foi chamado de N, que expressa a razão entre as ΔTd nos percentis de interesse e a ΔTdméd (2). Os valores obtidos para N em todos os percentis e localidades foram plotados em conjunto para verificar, visualmente, a existência de padrões.

(2) $$N = \frac{\Delta Td_{pn}}{\Delta Td_{méd}}$$

Na qual,

ΔTd_{pn} Amplitude térmica diária no percentil n.

$\Delta Td_{méd}$ Média anual das amplitudes térmicas diárias.

2.4.3. Correlação entre as $\Delta Td_{méd}$ e as médias das amplitudes em cada percentil (ΔTd_{pn})

Esta análise buscou verificar se existe relação linear entre as ΔTdméd anuais e as respectivas amplitudes térmicas diárias locais em diferentes percentis (ΔTdpn).

O primeiro passo foi verificar como variam os valores médios das amplitudes térmicas diárias das localidades, de um percentil para ou outro. Para cada percentil, considerando todas as localidades, foram calculados os valores médios. Em seguida, esses valores foram plotados em um gráfico tendo na abscissa os percentis e na ordenada as ΔTdméd.

Como segundo passo desta análise, também considerando todo o conjunto de dados, verificou-se a variação dos coeficientes de determinação (R^2) quando relacionadas as ΔTd nos percentis com as ΔTdméd. O objetivo dessa análise foi verificar se os coeficientes de determinação aumentam ou diminuem conforme varia o percentil considerado.

2.4.4. Tipo de distribuição das amplitudes térmicas diárias

Nesta etapa, analisou-se as ΔTd para verificar se apresentavam distribuição próxima da distribuição normal. Essa verificação teve por objetivo avaliar a aplicabilidade de métodos clássicos da estatística descritiva para estimativa de valores nos percentis superiores.

Inicialmente, verificou-se o grau de correlação entre as amplitudes térmicas diárias no percentil 50 e as médias anuais. Em seguida, foram plotados histogramas de algumas cidades para comprovar o tipo de distribuição apontado inicialmente. Como última etapa desta análise, verificou-se se há relação entre o valor das ΔTd e sua dispersão. Para isso, foram relacionadas as ΔTdméd com os respectivos desvios padrão (σ).

2.5. Método estimativo 1 – Expedito

A proposição desde método visa uma maneira simples e rápida para se obter estimativas para as ΔTdmáx e em 13 percentis: 99,5, 99, 97,5, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55 e 50. Consiste em multiplicar a média dos coeficientes N, obtidos com a Equação 2, pela média anual das amplitudes térmicas diárias de uma dada localidade, conforme a Equação 3.

(3) $$\Delta Td_{pn} = N_{méd\ pn} \times \Delta Td_{méd\ local}$$

Na qual, $N_{méd\ pn}$ é a média dos coeficientes N em um dado percentil (no percentil n).

2.6. Método estimativo 2 – Regressão linear

Este método é baseado na hipótese de que existe uma relação linear entre as amplitudes térmicas diárias locais e as médias anuais das amplitudes. Existindo uma relação linear, é possível estimar valores para as amplitudes térmicas diárias de uma localidade em um percentil adotando como variável explicativa a respectiva média anual das amplitudes térmicas diárias. Este método se baseia na equação da reta (Equação 4), sendo necessário ajustar os coeficientes angular e linear para cada percentil (KRÜGER *et al*., 2017).

(4) $$\Delta Td_{Pn} = a *\times \Delta Td_{méd} + b$$

Na qual, ΔTd_{Pn} é a média das amplitudes térmicas diárias no percentil n; $\Delta Td_{méd}$ é a média anual das amplitudes térmicas diárias locais; a é o coeficiente angular e bé coeficiente linear.

2.7. Método estimativo 3 – Distribuição normal

Baseia-se na hipótese de que as amplitudes térmicas diárias tendem a apresentar uma distribuição quase simétrica, próxima da distribuição normal (Figura 2). Neste caso, a mediana (percentil 50), a moda e a média apresentam valores praticamente idênticos, possibilitando estimar valores para as amplitudes térmicas diárias em um determinado percentil (ΔTd_{pn}) quando são conhecidos o valor da média anual das amplitudes térmicas diárias locais ($\Delta Td_{méd}$) e o valor do desvio padrão (σ).

Este método é bastante utilizado em predições e demanda familiaridade com os conceitos de média, variância, desvio padrão e escore z (SILVA; PINTO, 2021). A seguir, é apresentada a equação para o cálculo da média das amplitudes térmicas diárias (5).

(5) $$\Delta Td_{méd} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta Td_i}{n}$$

A variância (σ^2) é calculada utilizando a Equação 6.

(6) $$\sigma^2 = \frac{\sum(\Delta Td - \Delta Td_{méd})^2}{n-1}$$

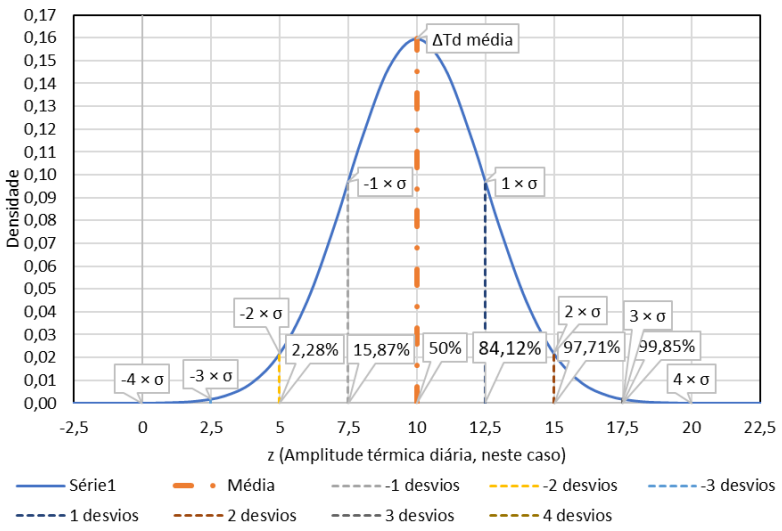
O desvio padrão (σ), neste caso a medida de dispersão em torno da média das amplitudes térmicas diárias, é calculado utilizando a Equação 7.

(7) $$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\Delta Td - \Delta Td_{méd})^2}{n-1}}$$

O escore z é a medida, em desvios padrão, do quanto um valor se afasta da média. Quando o escore z é positivo, o valor está acima da média. Quando é negativo, o valor está abaixo do valor médio. O escore z pode ser calculado utilizando a Equação 8.

(8) $$z = \frac{\Delta Td - \Delta Td_{méd}}{\sigma}$$

Figura 2- Exemplo de distribuição normal das amplitudes térmicas diárias, com $\Delta Td_{méd}$ igual a 10 °C e desvio padrão igual a 2,5 °C.



Fonte: Autoria própria.

O valor da ΔTd no percentil de interesse pode ser estimado utilizando a Equação 9.

(9) $$\Delta Td_{Pn} = \Delta Td_{méd} + z \times \sigma$$

O escore z pode ser obtido consultando a

Tabela 1.

Tabela 1- Escore z padronizado.

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

Fonte: Silva e Pinto (2021).

3. RESULTADOS

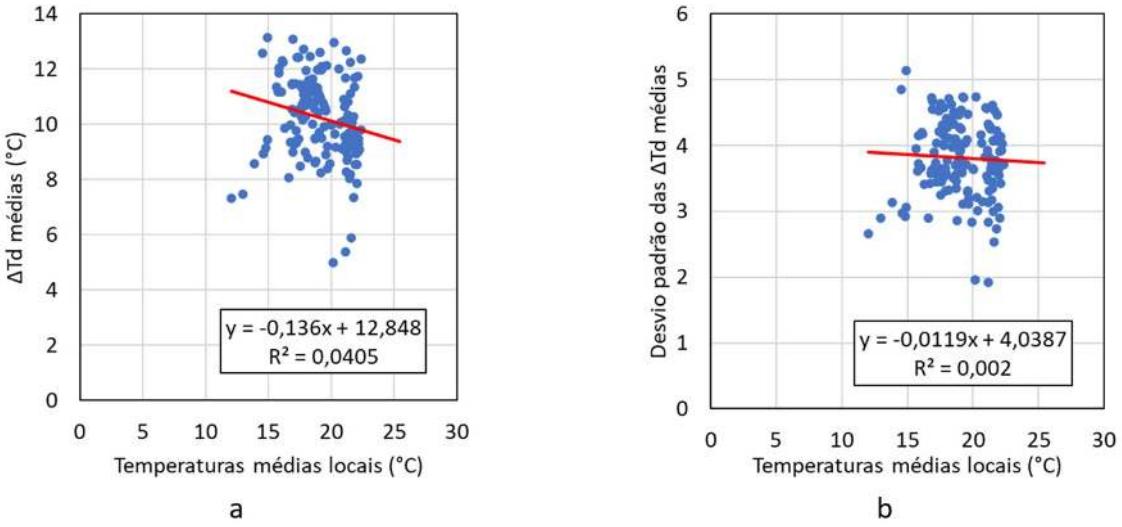
3.1. Verificação de padrões na distribuição das amplitudes térmicas diárias

3.1.1. Médias anuais das temperaturas ($T_{méd}$) *versus* médias anuais das amplitudes térmicas diárias ($\Delta Td_{méd}$)

Inicialmente, foram cruzadas as médias anuais das temperaturas locais (Tméd) com as médias anuais das amplitudes térmicas diárias (ΔTdméd). Em seguida, foram cruzadas as Tméd locais com os respectivos desvios padrão (σ). O cruzamento das Tméd locais com os demais índices não mostrou a existência de correlações fortes. Ou seja, locais com Tméd altas não necessariamente apresentaram ΔTdméd altas ou baixas (Figura 3a). Por outro lado, Tméd altas não implicaram em maior ou menor dispersão das ΔTd (Figura 3b).

Esses resultados contraindicam o uso da Tméd como variável explicativa para a estimativa das amplitudes térmicas. Esses resultados também desmitificam a ideia de que é possível adotar um indicador universal para descrever um clima no campo da construção civil. Opõem-se à ideia de que seja possível sintetizar em um índice as características de um clima.

Figura 3- a) Médias anuais das temperaturas locais × médias das ΔTd. b) Médias anuais das temperaturas locais × desvio padrão das médias das ΔTd



Fonte: Autoria própria.

3.1.2. Razão entre as amplitudes térmicas diárias em diferentes percentis e as médias anuais

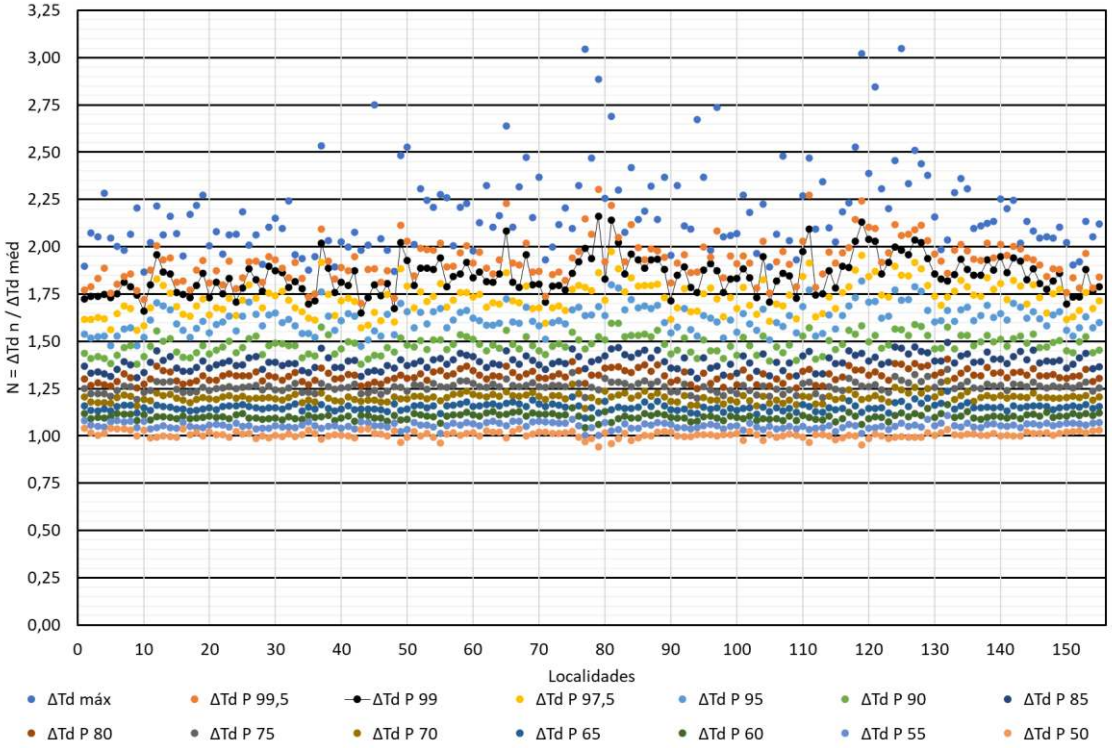
Quando analisadas as amplitudes térmicas diárias máximas (ΔTdmáx), verificou-se que elas são difíceis de estimar. Descobriu-se que elas tendem a apresentar valores situados entre duas e três vezes as ΔTd médias. Ou seja, Coef. N entre dois e três. Mas, fora essa constatação, não foi identificado outro padrão ao qual elas obedeçam (Figura 4).

No entanto, conforme se reduz o percentil, mais uniformes são os valores das ΔTd em relação aos respectivos valores médios locais (Figura 4). No percentil 99, por exemplo, o valor médio para o coeficiente N foi 1,847 (Tabela 2) e a tendência foi de valores entre 1,75 e 2,0.

Por sua vez, o coeficiente N para o percentil 50 em todas as localidades de Santa Catariana foi muito próximo de 1, com valor médio verificado de 1,005, indicando que as distribuições seguem um padrão muito próximo do da curva normal (simétrica).

Quanto menor o percentil, menor a flutuação dos valores para o coeficiente N. Essa constatação viabiliza o método denominado Método estimativo 1 – Expedito.

Figura 4- Coeficiente N = $\Delta Td_{máx}$ / $\Delta Td_{méd}$.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Valores médios para o coeficiente N para estimativa das ΔTd conforme o percentil.

ΔTd máx	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70	P 65	P 60	P 55	P 50
2,188	1,925	1,847	1,728	1,619	1,481	1,390	1,317	1,257	1,202	1,151	1,101	1,054	1,005

Fonte: Autoria própria.

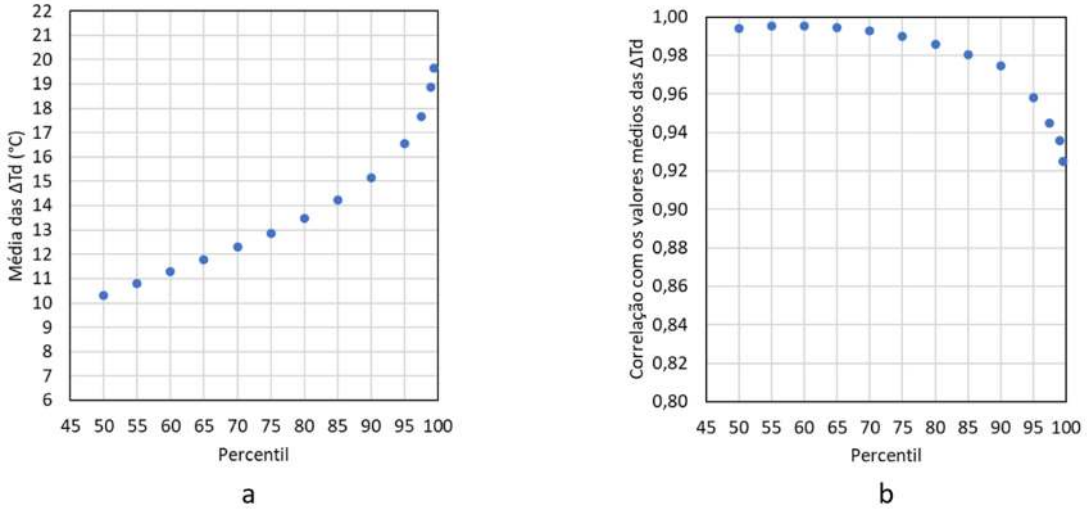
3.1.3. Correlação entre as médias anuais das amplitudes térmicas diárias e as médias das amplitudes em cada percentil

Esta análise buscou compreender a correlação entre as médias anuais das amplitudes térmicas diárias (ΔTdméd) e as amplitudes térmicas diárias locais nos percentis superiores (ΔTdpn). Percebeu-se que a média dos valores das amplitudes térmicas diárias do conjunto de localidades tende a aumentar de maneira quase linear até aproximadamente o percentil 75. A partir do percentil 75, a linearidade desaparece e ocorrem aumentos cada vez mais acentuados (Figura 5a).

Tomando todo o conjunto de dados, quando correlacionadas as ΔTd de cada percentil com as médias das ΔTd (Figura 5b), percebe-se correlação acima de 0,98 até o percentil 85. A partir do percentil 85 a correlação tende a diminuir, fazendo com que seja cada vez mais difícil

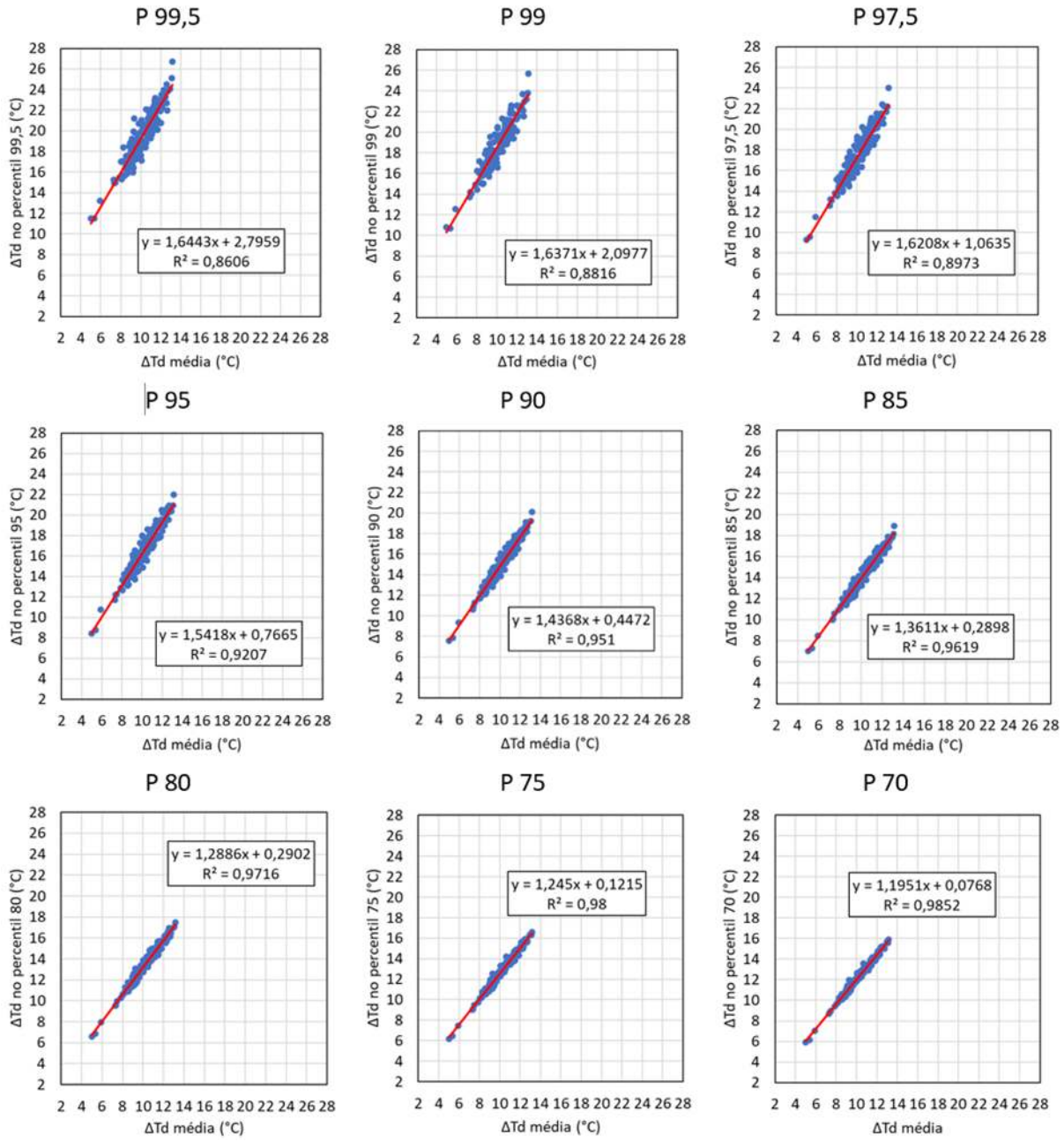
estimar as ΔTd em um determinado percentil para uma localidade específica. Conclui-se que os valores das ΔTd nos percentis mais altos e de maior interesse para projetistas de edificações são os mais difíceis de estimar via regressão linear simples.

Figura 5- a) Média das amplitudes térmicas diárias do conjunto de localidade × Percentil de interesse. b) Correlação entre os valores médios das amplitudes térmicas diárias e os percentis.



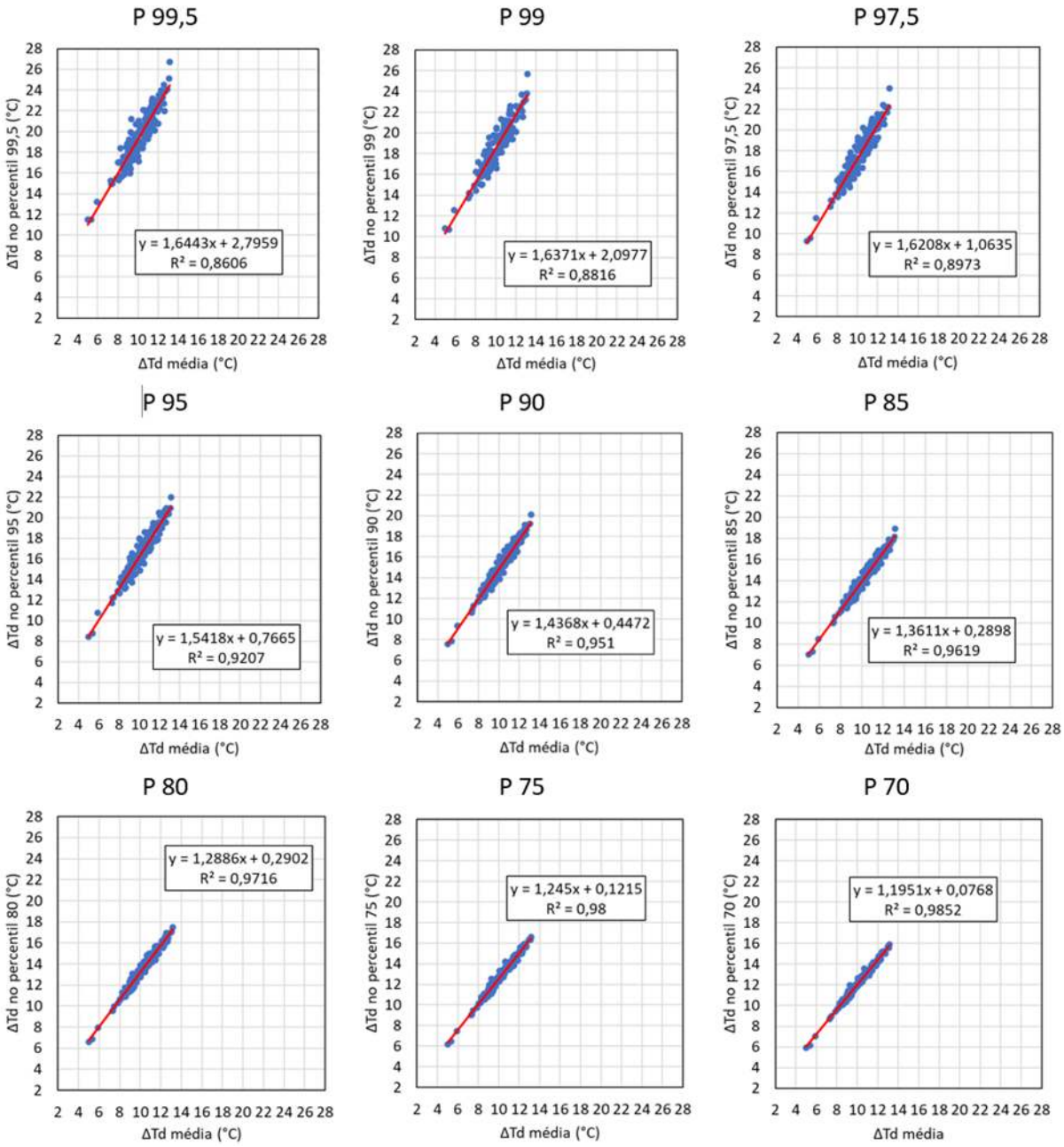
Fonte: Autoria própria.

Visando analisar mais detalhadamente as correlações apresentadas na Figura 5b, os gráficos apresentados na



mostram: a redução dos coeficientes de determinação e o aumento dos coeficientes angulares e lineares conforme se aumenta o percentil analisado.

Figura 6- Amplitudes térmicas diárias em diferentes percentis × Médias anuais das amplitudes térmicas diárias.



Fonte: Autoria própria.

Conhecendo-se as equações de regressão linear das ATd em cada percentil em função das ATd médias (Figura 6), foi possível obter os respectivos coeficientes angular (a) e linear (b). Observou-se que ambos os coeficientes aumentam conforme aumenta o percentil considerado (Tabela 3), o que faz com que possam ser estimados utilizando o percentil como variável explicativa.

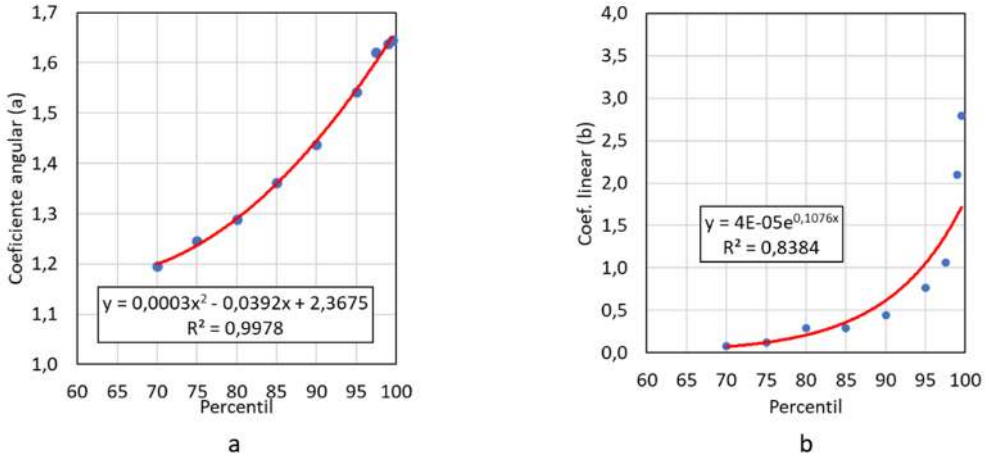
Tabela 3 – Variação dos coeficientes angular (a) e linear (b) conforme a variação do Percentil.

Percentil	Coeficiente angular (a)	Coeficiente linear (b)
99,5	1,6443	2,7959
99,0	1,6371	2,0977
97,5	1,6208	1,0635
95,0	1,5418	0,7665
90,0	1,4368	0,4472
85,0	1,3611	0,2898
80,0	1,2886	0,2902
75,0	1,245	0,1215
70,0	1,1951	0,0768

Fonte: Autoria própria.

Relacionando o índice do percentil com os coeficientes angulares (Tabela 3) percebeu-se que a relação entre eles pode ser expressa por uma equação polinomial de índice três (Figura 7a). Relacionando o percentil com os coeficientes lineares (Tabela 3), verificou-se que a relação entre eles pode ser expressa aproximadamente por uma equação exponencial (Figura 7b). Essas relações permitiram reescrever a equação da reta (Equação 4) e estabelecer uma equação preditiva para as ΔTd em qualquer percentil (Equação 10).

Figura 7- a) Coeficiente angular versus Percentis. b) Coeficiente linear versus Percentis.



Fonte: Autoria própria.

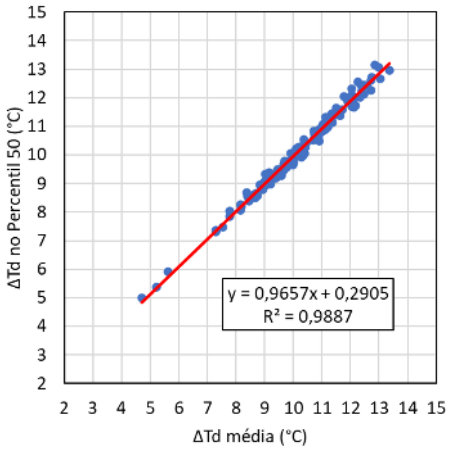
$$\Delta Td_{P_n} = (0{,}0003 \times {P_n}^2 - 0{,}0392 \times P_n + 2{,}3675) \times \Delta Td_{méd} + ((4 \times 10^{-5}) \times e^{0{,}1076 \times P_n}) \quad (10)$$

Na qual, e é o número neperiano. Constante com valor 2,71828182845904.

3.1.4. Tipo de distribuição das amplitudes térmicas diárias

Quando analisada a relação entre as amplitudes térmicas diárias locais no percentil 50 (ΔTdp 50) e as médias aritméticas anuais (ΔTdméd), percebeu-se forte correlação (Figura 8). O cruzamento de dados indicou um valor alto para o coeficiente de determinação, R^2=0,99, e uma diferença média baixa, apenas 0,14 °C. A média geral das ΔTd no percentil 50, considerando todas as localidades, foi 10,31 °C e a média aritmética geral foi 10,26 °C. Esses resultados indicam que, no estado de Santa Catarina, as ΔTd apresentam uma distribuição praticamente simétrica. Desta maneira, as ΔTd no percentil 50 podem ser substituídas pela média aritmética e vice-versa sem implicar em desvios importantes.

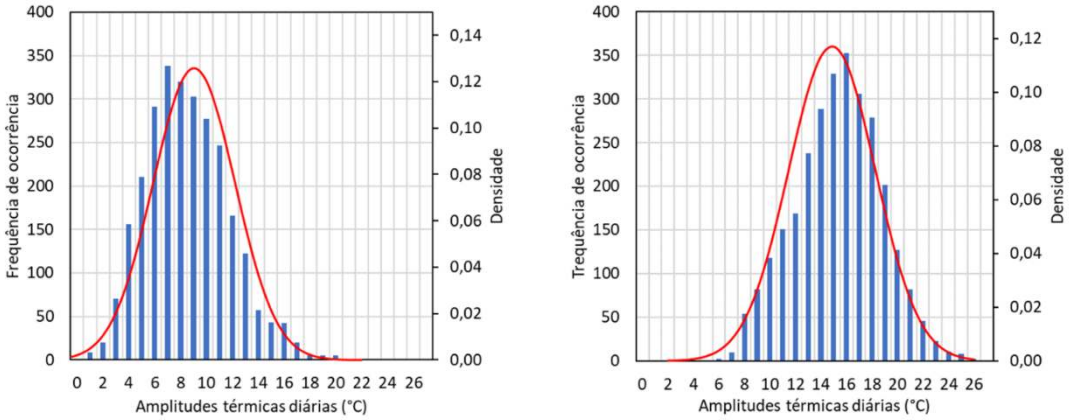
Figura 8- Amplitudes térmicas diárias no percentil 50 versus Médias aritméticas das Amplitudes térmicas diárias.



Fonte: Autoria própria.

Quando os dados de parte das localidades foram plotados em separado, confirmaram o resultado da análise anterior. As amplitudes térmicas diárias apresentaram uma distribuição muito próxima da distribuição normal, como pode ser observado na Figura 9a, para a localidade de Florianópolis* (1006 CETRE/EPAGRI, -27,59, -48,51) e na Figura 9b, para Água Doce* (1044 Vinícola Villagio Grando, -26,72, -51,51).

Figura 9- a) Histograma das amplitudes térmicas diárias em Florianópolis*. b) Histograma das amplitudes térmicas diárias em Água Doce*.

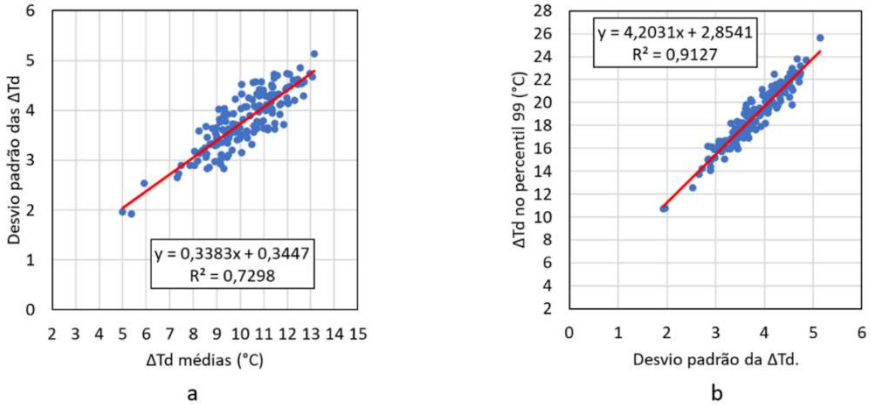


Fonte: Autoria própria.

*Os dados de Florianópolis foram apresentados a título de exemplo por se tratar da capital do estado e os de Água Doce para representar uma localidade do interior. A amostra constituída por estes dois exemplos ilustra a proximidade da distribuição normal, embora não seja representativa do conjunto total de dados, podendo apresentar viés estatístico.

Quando cruzadas as médias anuais das amplitudes térmicas diárias (ΔTd) com os respectivos desvios padrão (σ), verificou-se (Figura 10a) correlação positiva ($R^2 = 0,73$). Quanto maior o valor da ΔTd, maior o desvio ou espalhamento. Ou seja, maior será a largura da base de curva normal de distribuição. Essa informação, somada às anteriores, indicou a viabilidade da estimativa das amplitudes térmicas diárias em diferentes percentis utilizando o escore z, um artifício clássico da estatística descritiva. Para comprovar essa hipótese, foram cruzados os valores dos desvios padrão (σ) das ΔTd com as médias das ΔTd no percentil 99 (Figura 10b), que realmente apresentaram correlação alta ($R^2 = 0,91$).

Figura 10- a) Desvio padrão das ΔTd × médias das ΔTd. b) ΔTd no percentil 99 × desvio padrão das ΔTd.



Fonte: Autoria própria.

Conforme apresentado na Figura 10a, o desvio padrão das amplitudes térmicas diárias para um determinado local pode ser estimado utilizando a Equação 11. Relacionando a Equação 9 com a Equação 11, tem-se a Equação 12. Utilizando essa equação e conhecendo-se o escore z para o percentil de interesse, pode-se estimar as ΔTd em qualquer percentil.

(11) $$\sigma = 0{,}3383 \times \Delta Td_{méd} + 0{,}3447$$

(12) $$\Delta Td_{pn} = \Delta Td_{méd} + z \times (0{,}3383 \times \Delta Td_{méd} + 0{,}3447)$$

Como exemplo, sabendo que o escore z para o percentil 70 é 0,52 desvio padrão (conforme tabela de escores padronizados,

Tabela 1), pode-se estimar a ΔTd no percentil 70 com a Equação 13.

(13) $$\Delta Td_{p70} = \Delta Td_{méd} + 0{,}52 \times (0{,}3383 \times \Delta Td_{méd} + 0{,}3447)$$

Para os percentis de maior interesse para esta pesquisa os escore z são apresentados no Tabela 4.

Tabela 4 – Escore z para os percentis 99,5, 99, 97,5, 95, 90, 85, 80, 75 e 70.

Percentil	**P 99,5**	**P 99**	**P 97,5**	**P 95**	**P 90**	**P 85**	**P 80**	**P 75**	**P 70**
Escore z	2,57	2,33	1,96	1,34	1,28	1,04	0,84	0,67	0,52

Fonte: Autoria própria.

3.2. Resultados da aplicação dos métodos preditivos

Nesta etapa, os modelos para estimativa das amplitudes térmicas diárias nos percentis superiores, calibrados utilizando os dados do estado de Santa Catarina, foram aplicados também aos dados do estado do Rio Grande do Sul.

3.2.1. Método estimativo 1 – Expedito

As estimativas realizadas com este método utilizaram a Equação 3 e os coeficientes apresentados na Tabela 2, calibrados considerando os dados das localidades catarinenses. Inicialmente, foram estimadas as ΔTd em diferentes percentis para o próprio estado de Santa Catarina. Para comparar os dados estimados com os dados medidos, foram calculados os indicadores: R^2, desvio padrão e diferenças máxima, média e mínima (Tabela 5). Em seguida, foram estimadas as ΔTd para as localidades do Rio Grande do Sul e calculados os mesmos indicadores para comparação (Tabela 6). Os resultados confirmaram a maior dificuldade para estimar as ΔTd nos percentis mais altos. No entanto, em todos os percentis testados, obteve-se R^2 acima de 0,8, chegando a praticamente 1,0 no percentil 70. Quanto mais baixo o percentil, mais precisas as estimativas. Embora os resultados tenham sido melhores para as localidades catarieneses, o que é natural considerando os dados utilizados para calibração, os resultados para o Rio Grande do Sul também foram satisfatórios, o que comprova que o método calibrado para um estado pode ser aplicado às localidades de outras regiões.

Tabela 5 - Dados medidos × Dados estimados para as localidades de Santa Catarina (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o Método 1 - Expedito.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,86	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
Desvio Padrão	0,67	0,55	0,47	0,39	0,28	0,24	0,20	0,17	0,15
Diferença máxima	2,86	2,29	2,02	1,77	1,20	0,97	0,88	0,93	0,89
Médias das diferenças	0,86	0,76	0,65	0,54	0,39	0,32	0,26	0,22	0,18
Diferença mínima	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Dados medidos × Dados estimados para as localidades do Rio Grande do Sul (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o Método 1 - Expedito.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,84	0,87	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00
Desvio Padrão	0,86	0,76	0,61	0,46	0,29	0,21	0,16	0,11	0,09
Diferença máxima	3,18	2,98	2,51	2,04	1,43	0,96	0,68	0,43	0,40
Médias das diferenças	1,43	1,27	1,00	0,77	0,47	0,29	0,18	0,13	0,13
Diferença mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

3.2.2. Método estimativo 2 – Regressão linear

As estimativas neste método utilizaram a equação da reta (Equação 2) calibrada a partir dos dados do estado de Santa Catarina e reescrita na forma da Equação 10.

A comparação entre os dados estimados e medidos foi realizada utilizando s Tabela 7 (para o estado de Santa Catarina) e a Tabela 8 (para o Rio Grande do Sul). Novamente, os resultados para os dois estados ficaram próximos.

Tabela 7 - Dados medidos × Dados estimados para as localidades de Santa Catarina (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o Método 2- Regressão Linear.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,86	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
Desvio Padrão	0,60	0,53	0,59	0,57	0,44	0,33	0,25	0,20	0,18
Diferença máxima	3,50	2,12	2,41	2,32	1,77	1,31	1,02	0,85	0,83
Médias das diferenças	0,86	0,72	0,90	0,94	0,75	0,52	0,36	0,28	0,34
Diferença mínima	0,00	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 – Dados medidos × Dados estimados para as localidades do Rio Grande do Sul (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o Método 2- Regressão Linear.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,84	0,87	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00
Desvio Padrão	0,72	0,64	0,65	0,61	0,44	0,29	0,19	0,12	0,11
Diferença máxima	2,67	2,38	2,43	2,27	1,69	1,09	0,67	0,47	0,49
Médias das diferenças	1,01	1,25	1,47	1,39	0,97	0,58	0,31	0,19	0,21
Diferença mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

3.2.3. Método estimativo 3 – Distribuição normal

As estimativas realizadas nesta etapa utilizaram a Equação 9 reescrita sob a forma da Equação 12 e também calibrada com os dados das localidades catarinenses. A exemplo do que ocorreu com os métodos anteriores, os indicadores, especialmente as diferenças máximas, para as localidades de Santa Catarina (Tabela 9) também se apresentaram ligeiramente melhores que os indicadores para as localidades do Rio Grande do Sul (Tabela 10).

Tabela 9 - Dados medidos × Dados estimados para as localidades de Santa Catarina (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o método da Distribuição Normal.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,86	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
Desvio Padrão	0,67	0,56	0,47	0,39	0,28	0,24	0,20	0,17	0,15
Diferença máxima	2,86	2,29	2,02	1,77	1,20	0,97	0,88	0,93	0,89
Médias das diferenças	0,86	0,76	0,65	0,54	0,39	0,32	0,26	0,22	0,18
Diferença mínima	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

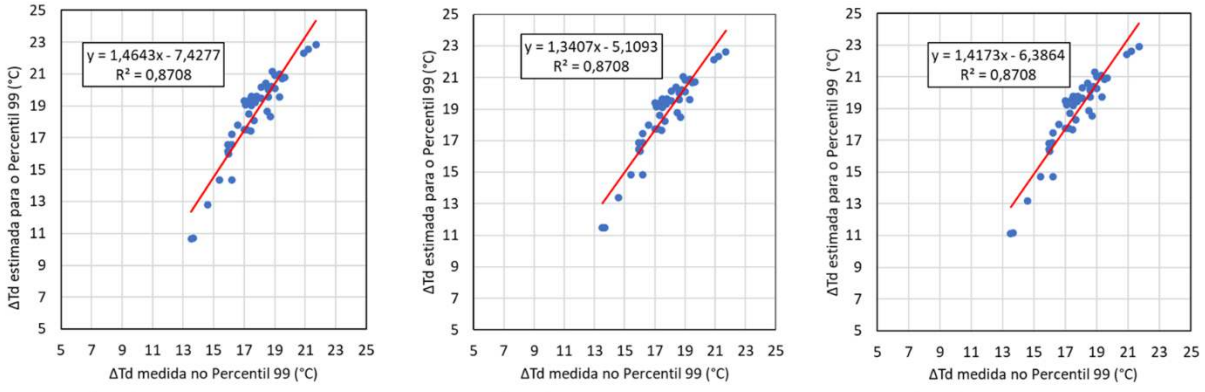
Tabela 10 – Dados medidos × Dados estimados para as localidades do Rio Grande do Sul (R^2, diferenças e desvio padrão das diferenças) utilizando o método da Distribuição Normal.

Indicador	P 99,5	P 99	P 97,5	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70
R^2	0,84	0,87	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00
Desvio Padrão	0,81	0,70	0,57	0,41	0,26	0,19	0,15	0,12	0,12
Diferença máxima	2,73	2,52	2,20	1,84	1,27	0,83	0,62	0,49	0,47
Médias das diferenças	1,61	1,37	0,97	0,68	0,42	0,27	0,17	0,16	0,20
Diferença mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

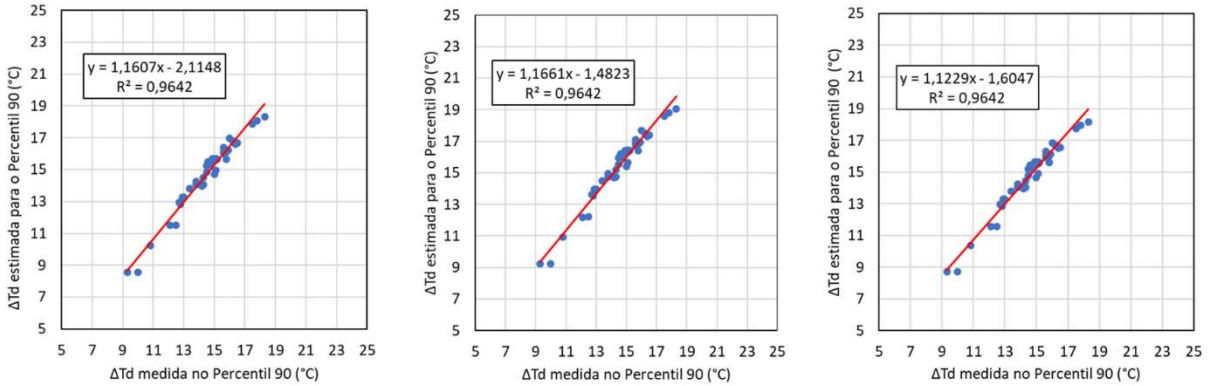
Ainda com o objetivo de comparar os resultados dos três métodos para estimativa quando aplicados às localidades do Rio Grande do Sul, a Figura 11 apresenta gráficos de dispersão considerando dados estimados e medidos no percentil 99 e a Figura 12 no percentil 90. Em ambos os percentis há uma tendência de superestimar levemente as ΔTd para os locais com médias anuais mais baixas e mais altas. Essa tendência é mais forte nos métodos 1 e 3.

Figura 11- Dados estimados versus dados medidos para os três métodos no percentil 99.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12- Dados estimados versus dados medidos para os três métodos no percentil 90.



Método estimativo 1 Método estimativo 2 Método estimativo 3

Fonte: Autoria própria.

Por fim, em se tratando dos resultados para Santa Catarina, em qualquer um dos três métodos estimativos, no percentil 99, as diferenças médias entre as ΔTd medidas e estimadas são iguais a 0,8 °C. Os desvios padrão são iguais a 0,6 °C ou menores. Isso indica que, para o percentil 99 das ΔTd, utilizando qualquer um dos métodos estimativos, aproximadamente 68 % das estimativas (dada à normalidade da distribuição das ΔTd) apresentarão diferenças entre 0,2 °C e 1,4 °C em relação aos dados medidos. Aproximadamente 16 % das diferenças serão menores do que 0,2 °C e aproximadamente 16 % serão maiores do que 1,4 °C. Nos percentis inferiores a precisão será ainda maior.

Em se tratando dos resultados para as localidades do Rio Grande do Sul no percentil 99, as médias das diferenças se aproximam de 1,3 °C e os desvios padrão se aproximam de 0,7 °C. Isso indica que, utilizando qualquer um dos métodos estimativos, aproximadamente 68 % das estimativas apresentarão diferenças entre 0,6 °C e 2 °C em relação aos dados medidos. As estimativas para os percentis inferiores são ainda mais precisas, indicando que os três métodos são bastante confiáveis para estimativa das ΔTd nas localidades dos dois estados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo verificar a existência de padrões e caracterizar o tipo de distribuição das amplitudes térmicas diárias. Para isso, foram analisados os dados de 153 localidades de Santa Catarina. Os resultados indicaram que os valores das médias anuais das temperaturas locais não apresentam correlação significativa com os valores médios das ΔTd.

Esse resultado contraria a ideia de que seja possível, para o campo da construção civil, sintetizar diferentes variáveis em um indicador universal para descrever um clima.

Constatou-se que as ΔTd apresentam uma distribuição muito próxima da distribuição normal. A mediana (percentil 50), a moda e a média apresentam valores próximos, o que possibilita estimar valores para as ΔTd em um determinado percentil quando são conhecidos o valor da média anual das ΔTd locais e o valor do desvio padrão. Constatou-se ainda que o desvio padrão pode ser estimado a partir do valor da média anual das ΔTd.

Verificou-se também que as ΔTdmáx de uma localidade são difíceis de prever, pois flutuam consideravelmente. No entanto, percebeu-se que os valores das ΔTd no percentil 99 e em percentis menores são passíveis de serem estimados. A precisão das estimativas aumenta conforme se reduz o percentil de interesse.

Secundariamente, esta pesquisa buscou propor e avaliar métodos para estimativa das ΔTd em diferentes percentis utilizando como variável explicativa a média anual das ΔTd. Foram propostos e testados três métodos estimativos. Os resultados dos três métodos propostos ficaram próximos e se mostraram mais seguros quanto menor o percentil para o qual são feitas as estimativas. Os autores consideram os métodos suficientemente seguros, com pequenas diferenças entre os dados medidos e os dados estimados, para estimativas no percentil 99 e em percentis menores. A escolha do método estimativo dependerá dos objetivos da aplicação, do contexto e da margem de diferença aceita: A) O método 1 é o mais simples e não demanda maiores conhecimentos sobre regressão ou estatística. Permite estimar os valores das ΔTd em alguns percentis simplesmente multiplicando a média anual das ΔTd por um coeficiente tabelado. B) O método 2 é o mais o mais flexível. Permite estimar valores para as ΔTd em qualquer percentil sem que o usuário precise conhecer estatística descritiva. C) O método 3 é fundamentado na estatística aplicada à distribuição normal e por isso demanda algum conhecimento sobre estatística e a disponibilidade de uma tabela de escore z padronizada.

Nesta pesquisa, não foram explorados métodos para estimativa das ΔTd utilizando o recurso regressão múltipla porque a ideia foi utilizar o menor número possível de variáveis explicativas. Fica como sugestão para estudos futuros explorar a regressão múltipla considerando dados de fácil obtenção, como umidade relativa e altitude.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Brasil, Rio de Janeiro, 2005. p. 23.

CHENG, J. *et al*. Impact of diurnal temperature range on human health: a systematic review. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 9, p. 2011–2024, 2014.

DINIZ, F. de A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. **Normais Climatológicas do Brasil, Período 1982-2010**. Brasília: INMET, 2014.

EVANS, J. M. Evaluating comfort with varying temperatures: a graphic design tool. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 87–93, 2003.

FERNANDES, L. C. Diagramas de apoio ao projeto baseados na ideia do conforto térmico adaptativo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, n. 1, 2020.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11–23, 1992.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

HUANG, K. *et al*. Short-term effect of ambient temperature change on the risk of tuberculosis admissions: Assessments of two exposure metrics. **Environmental Research**, v. 189, p. 109900, 2020.

KOENIGSBERGER, O. H. *et al*. **Manual of Tropical Housing and Building**, Orient Blackswan private Limited, 1973.

KRÜGER, E. L. *et al*. Proposition of a simplified method for predicting hourly indoor temperatures in test cells. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 57–70, 2017.

LANDAU, E. C. *et al*. Geoespacialização da amplitude térmica no Brasil. *In*: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA: MUDANÇAS DE CLIMA E EXTREMOS E AVALIAÇÃO DE RISCOS FUTUROS, PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2009a, Canela. **Anais...** Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET), 2009a.

LANDAU, E. C. *et al*. Tendências de variação da amplitude térmica no brasil em função das mudanças climáticas. *In*: III SIMPÓSIO INTERNNACIOAL DE CLIMATOLOGIA: MUDANÇAS DE CLIMA E EXTREMOS E AVALIAÇÃO DE RISCOS FUTUROS, PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2009b, Canela. **Anais...** Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET), 2009b.

MA, Y. *et al*. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. **Science of the Total Environment**, v. 724, 2020.

OLGYAY, V. Bioclimatic orientation method for buildings. **International Journal of Biometeorology**, v. 11, n. 2, p. 163–174, 1967.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

SILVA, C. S. da.; PINTO, S. S. **Estatística**: volume II. Rio Grande: Ed. da FURG, 2021.

VERBEKE, S.; AUDENAERT, A. Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. November 2016, p. 2300–2318, 2018.

XU, Z. *et al*. Diurnal temperature range and childhood asthma: A time-series study. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 12, n. 1, p. 1–5, 2013.

NUMENCLATURA

a	Coeficiente angular.
b	Coeficiente linear.
N	Coeficiente (razão entre as ΔTd nos percentis de interesse e a ΔTdméd).
$N_{méd\ pn}$	Média dos coeficientes N em um dado percentil (no percentil n).
n	Tamanho da amostra.
z	Escore padronizado.
$T_{méd}$	Média das temperaturas do ar.
$T_{mín}$	Temperatura mínima.
$T_{máx}$	Temperatura máxima.
ΔTa	Amplitude térmica anual.
ΔTd	Amplitude térmica diária.
$\Delta Td_{máx}$	Amplitude térmica diária máxima.
$\Delta Td_{mín}$	Amplitude térmica diária mínima.
$\Delta Td_{méd}$	Média anual das amplitudes térmicas diárias.
ΔTd_{pn}	Amplitude térmica diárias no percentil n.
ΔTd_{p99}	Média das amplitudes térmicas diárias no percentil 99.
ΔTd_{p50}	Médias das amplitudes térmicas diárias no percentil 50.
ΔTm	Amplitude térmica mensal.
e	Número neperiano.
σ	Desvio padrão.
σ^2	Variância.