

211  
computação  
OKI

D.A. Cardon<sup>1</sup> e M. da S. Amorim Neto<sup>2</sup>

RESUMO - A baixa densidade de estações meteorológicas existentes no Trópico Semi-Árido brasileiro, torna difícil a realização de estudos climatológicos, devido a escassez de dados. Em função do clima, não ser muito variável de uma estação climática a outra, é possível estimar-se determinados parâmetros climáticos em função de outros.

O objetivo deste trabalho é estimar a temperatura média diária em função das temperaturas máxima e mínima, devido serem estas de fácil obtenção. Utilizando-se dados da estação meteorológica de Bebedouro no município de Petrolina-PE., cujas coordenadas geográficas são: latitude: 09°09'S, longitude: 40°22'W a altitude: 365,5m, desenvolveu-se duas fórmulas para estimativa temperatura média diária.

$$1) T_{mc} = T_m + 0,634 \Delta T$$

$$2) T_{mc} = T_m + 0,514 \Delta T + 0,0105 \Delta T^2,$$

sendo  $\Delta T = T_M - T_m$ , cujos termos significam:

$T_{mc}$  = temperatura média calculada (°C)

$T_M$  = temperatura máxima (°C)

$T_m$  = temperatura mínima (°C)

O desvio padrão da temperatura média calculada em relação a temperatura média observada, foi relacionado com o período do ano (mês), fatores meteorológicos (chuvas intensas, insolação) e duração do tempo de medidas (1, 3, 5, 10 e 30 dias). O desvio mostra que o uso das fórmulas e particularmente da segunda, permite estimar a temperatura média com um erro máximo menor do que

<sup>1</sup> Pesquisador da Área de Climatologia. Convênio ORSTOM/EMBRAPA.

<sup>2</sup> Meteorologista, M.Sc., Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) - EMBRAPA, BR 428, Km 152, Caixa Postal 23, CEP 56 300 - PETROLINA-PE..



1,5  
est  
per  
nos  
t-r

1,5 °C em relação ao valor da temperatura média observada. Com estes resultados além de podermos reconstituir os valores da temperatura média diária, a precisão obtida com a segunda fórmula, mínima e média observada. nos permite verificar as discrepâncias existentes em séries de temperatura máxima, mínima e média observada.

RESUMÉ - La réalisation d'études agroclimatiques dans la région de Tropique Semi-Aride brésilien se heurte à l'insuffisance des données due à la faible densité des postes météorologiques. Le climat de cette région variant peu d'une saison à l'autre on peut cependant estimer certains paramètres climatiques en fonction des autres. L'objectif de ce travail est l'estimation de la température moyenne diurne en fonction des températures maxima et minima ces dernières étant généralement plus faciles à obtenir. Les données utilisées proviennent de la station de Bebedouro dans le municípe de Petrolina-PE (latitude  $09^{\circ}09'S$ , longitude  $40^{\circ}22'W$ , altitude 365,5m). Elles ont permis de développer deux formules d'estimation de la température moyenne à l'échelle de la journée.

$$1) T_{mc} = T_m + 0,634 \Delta T$$

$$2) T_{mc} = T_m + 0,514 \Delta T + 0,0105 \Delta T^2,$$

$T_{mc}$  designant la température moyenne e  $\Delta T = T_M - T_m$

amc:  $T_M$  = température maxima ( $^{\circ}C$ )

$T_m$  = température minima ( $^{\circ}C$ )

L'écart type de la différence entre la température moyenne calculée et la température moyenne véritable a, été étudiée en fonction de la période de l'année (mois), de facteurs météorologiques (pluie, insolation) et de la durée du temps de mesure (1, 3, 5, 10, 30 jours). Cette étude montre que l'usage de ces formules et particulièrement de la seconde permet d'estimer la température moyenne avec une erreur maximum inférieure à  $1,5^{\circ}C$ . En plus de permettre la reconstitution des valeurs journalières de la température moyenne la précision obtenue avec la seconde formule autorise lorsque les trois mesures sont effectuées, la vérification des séries de valeurs de températures maximales, minimales et moyennes.

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um dado fundamental de todo estudo agroclimático, mas a estimativa deste parâmetro na região Nordeste, torna-se muitas vezes difícil devido a escassez de dados meteorológicos e consistência dos mesmos. Por isso numerosos autores (HARGREAVES 1974, AMORIM NETO e CARDON 1982), limitaram-se geralmente ao uso da temperatura média mensal bastante fácil de se encontrar e que, eventualmente pode-se estimar a partir de dados astronômicos e geográficos (MILCIADES et al 1981).

Necessitando-se de uma escala de tempo mais curta que o mês (por exemplo usando para o cálculo da evapotranspiração a fórmula de Benavides, 1970) deve-se dispor de dados diários corretos dessa temperatura média.

Utilizando a pouca variação térmica, do clima da região nós desenvolvemos duas fórmulas que permite estimar e verificar o valor da temperatura média a partir das temperaturas máximas e mínimas ou ainda de reconstituir qualquer uma das três temperaturas a partir das outras.

### I - Relação entre as temperaturas máxima, mínima e média.

#### 1 - Material e Métodos

Este trabalho foi realizado utilizando dados de temperatura máxima (TM), mínima (Tm) e média observada (Tmo) do ano de 1979, da estação meteorológica existente no Campo Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), localizada em Bebedouro no município de Petrolina-PE., cujas coordenadas geográficas são latitude  $09^{\circ}09'S$ , longitude  $40^{\circ}22'W$  e altitude de 365,5m. Além destes dados também foram utilizados diagramas de registro de temperatura (termogramas), obtidos com um Termohigrógrafo de marca FUESS.

Os cálculos da primeira parte do trabalho foram executados com uma calculadora TEXAS INSTRUMENTS do tipo TI-59.

A temperatura média observada (Tmo) é definida como sendo a média das 3 temperaturas medidas às 9, 15 e 21 horas. Em função do diminuto número de observações para determinação da temperatura média observada, determinou-se uma temperatura média real (Tmr) que foi definida como sendo a média aritmética das

temperaturas registradas a 7, 9, 11, 13, 15 e 17 horas. Estes horários foram escolhidos devido que, as funções metabólicas da planta, ocorrem em maior intensidade no período diurno. Para estimar a temperatura média real, levamos em consideração os problemas de calibragem do aparelho que com o tempo sofre variações. Este problema foi contornado da seguinte maneira:

- Comparando os dados de temperatura máxima e mínima observado com o registrado, eliminou-se os valores duvidosos destas temperaturas.
- Para cada aferição do aparelho de registro, as temperaturas  $T_M$  e  $T_m$  são consideradas como referências, e usando máximos e mínimos dos diagramas, foi calibrado o registrador.

Esta calibragem permitiu corrigir as temperaturas lidas nos diagramas para obter as temperaturas reais.

Sendo  $Tr_7$ ,  $Tr_9$ ,  $Tr_{11}$ ,  $Tr_{13}$ ,  $Tr_{15}$ ,  $Tr_{17}$ , as temperaturas corrigidas às 7, 9, 11, 13, 15 e 17 horas obtidas a partir do termogramas.

Assim a temperatura média real é expressa como  $T_{mr} = \frac{Tr_7 + Tr_9 + Tr_{11} + Tr_{13} + Tr_{15} + Tr_{17}}{6}$ .

6

## 2 - Estudo das Relações entre $T_M$ , $T_m$ e $T_{mr}$

Usando dados de várias estações, da zona temperada (HALLAIRE, 1950) propôs a seguinte fórmula:

$$T_{mc} = T_m + K\Delta T, \text{ onde:}$$

$T_{mc}$  é a temperatura média calculada ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T = T_M - T_m$  a amplitude térmica ( $^{\circ}\text{C}$ )

$K$  um coeficiente variável com a duração do dia.

Na tabela 1 são mostrados alguns valores de  $K$  obtidos por HALLAIRE.

TABELA 1.

Duração do dia (hora)	7	9	11	13	15	17
Valores de K	0,61	0,64	0,635	0,62	0,62	0,64

Devido a grande variabilidade térmica do clima das re-

giões temperadas o autor recomenda o uso da fórmula em períodos de pelo menos 10 dias.

A análise de HALLAIRE foi refeita, considerando de início um coeficiente K único para todo o ano.

Obteve-se o valor de K igual a 0,634 que corresponde aproximadamente ao valor de K obtido por HALLAIRE para um dia de 11 horas.

Depois foram analisados valores mensais de K. Ao contrário de HALLAIRE nenhuma variação significativa foi evidenciada, o que não surpreende devido a pouca variação da duração do dia em regiões equatoriais. Nesta região a amplitude de variação é uma hora no ano.

Então foi adotada a seguinte relação válida para todo o ano.

$$T_{mc} = T_m + 0,634 \Delta T \quad (1)$$

Em seguida foi analisada a variação de K em função de  $\Delta T$ . Para análise, os valores de  $\Delta T$  foram divididos em várias classes e K calculado para cada uma delas.

A primeira classe corresponde aos valores de  $\Delta T$  variando de  $0^{\circ}\text{C}$  até  $7^{\circ}\text{C}$ , e é a menos representativa.

A segunda corresponde aos valores de  $\Delta T$  variando de 7 a  $8^{\circ}\text{C}$  etc., cada nova classe corresponde a um novo intervalo de temperatura de um grau.

Os resultados obtidos estão apresentados na FIG. 1 do Apêndice.

Se excetuar a primeira classe, muito influenciada por dois valores duvidosos, vê-se que K é praticamente uma função linear de  $\Delta T$ ; e para melhorar a formulação proposta foram calculados os coeficientes de regressão desta reta e obtida a seguinte relação:

$$\begin{aligned} T_{mc} &= T_m + k \cdot \Delta T, \text{ onde} \\ k &= 0,514 + 0,0105 \Delta T, \text{ logo} \\ T_{mc} &= T_m + 0,514 \Delta T + 0,0105 \Delta T^2 \quad (2) \end{aligned}$$

### 3 - Comparação das duas fórmulas

Seja  $\Delta T$  a temperatura média calculada menos a temperatura média real.

$$\Delta T = T_{mc} - T_{mr}$$

Os valores de  $\Delta T$  com as duas fórmulas foram divididos em 20 classes de temperatura, subdivididas de 0,25 em 0,25 graus e os resultados obtidos são apresentados no histograma da FIG. 2 do Apêndice.

Comprova-se que as duas fórmulas, dão resultados semelhantes, contudo a dispersão dos valores são menores no caso da fórmula 2. Observa-se que para 341 dias tratados, só em 3 deles o desvio de  $\Delta T$  é maior do que 1,5 graus. Isto pode corresponder a situações bem particulares; tais como: uma breve aparição do sol ocasionando um acréscimo importante da temperatura  $T_M$  e da de  $T_{mc}$  ou em um dia muito nublado e conseqüentemente de temperatura média baixa.

Enfim nota-se que em mais de 90% dos casos a precisão obtida no cálculo de temperatura média é melhor que um grau.

#### 4 - Comparação entre $T_{mr}$ e $T_{mo}$

Para verificar se o valor calculado de temperatura média real desvia muito da temperatura média observada, realizou-se o estudo anterior, considerando  $DT$  a diferença entre  $T_{mr}$  e  $T_{mo}$  e substituindo  $\Delta T$  por  $DT$ . Os resultados obtidos estão no histograma da FIG. 3 do Apêndice.

Em seguida foi calculado o valor médio de  $DT$ , sendo obtido 0,1 °C.

Portanto, em média, a temperatura média observada desvia pouco do valor da temperatura média real, o que, parcialmente, justifica o uso de  $T_{mo}$  como valor da temperatura média.

Comparando os valores de  $DT$  e  $\Delta T$ , observamos dispersões semelhantes. Nestas condições o uso de uma das fórmulas propostas no cálculo da temperatura média, pode muito bem substituir a medida de  $T_{mo}$ .

## II - Verificação e uso das duas relações propostas.

Para verificar a validade de utilização das fórmulas propostas, foram realizados testes com dados dos anos de 1972, 1973 e 1976, obtidos na estação meteorológica existente no Campo Experimental do CPATSA, localizada em Mandacaru no município de Juazeiro-BA., cujas coordenadas geográficas são: latitude 9°24'S, longitude 40°28'W e altitude de 375m.

Estes três anos de dados estavam gravados em fitas magnéticas, o que possibilitou realizar os cálculos com um computador digital, modelo 10 da Universidade Federal da Bahia. Além disto dispúnhamos dos termogramas para verificação dos dados duvidosos e conseqüentemente fazer correção dos erros mais grosseiros.

1 - Estudo da diferença  $\Delta T$  entre a temperatura calculada ( $T_{mc}$ ) e a temperatura observada ( $T_{mo}$ ).

Como foi feito anteriormente, os valores de  $\Delta T$  foram divididos em classes de  $0,25^{\circ}\text{C}$  (ver Fig. 4 do Apêndice).

De uma maneira geral, os resultados obtidos parecem bem semelhantes aos obtidos antes. Apesar disso dois pontos merecem atenção:

a) a média dos resultados não estão mais centrados com o valor zero mais sim com o valor  $0,36$  com a fórmula (1), e  $0,34$  com a fórmula (2). É bem provável que isto esteja relacionado com o tipo de relação utilizada já que não é mais  $T_{mr}$  mas sim  $T_{mo}$ .

b) Quando comparamos os resultados da Fig. 2 com os da Fig. 4 observamos que a dispersão dos valores extremos parece bem maior. A análise desse segundo ponto é detalhada no caso da fórmula (2).

Usando um programa apropriado, foram isolados os 28 valores de  $\Delta T$ , onde,  $\Delta T > 1,5^{\circ}\text{C}$ .

Destes valores, 24 medidas foram verificadas com os termogramas, e, em certos casos, a partir de outros dados meteorológicos.

Observou-se que:

- 10 medidas eram erradas e poderam ser corrigidas;
- Em 8 casos, foi o modo de estimar a temperatura média (só 3 medidas) que introduziu um desvio tão grande. Isso aconteceu particularmente em caso de queda brusca da temperatura as 6 horas da tarde (chuvas);
- Em dois casos, o desvio foi provocado artificialmente: a temperatura medida subestimando a temperatura real enquanto que a temperatura calculada a sobrestimava;
- Dois <sup>termogramasi</sup> casos não puderam ser resolvidos por falta de precisão dos termogramas;

casos.

Nestas condições a fórmula (2) pode ser considerado com uma ferramenta valiosa na verificação das temperaturas e mesmo, em certos casos, seu uso parece mais seguro que o uso de 3 medidas na estimativa da temperatura média do dia.

Uma análise semelhante aplicando aos dados a fórmula (1) mostrou resultados bem parecidos, mas a fórmula tendo sido inadequada seis vezes, concluiu-se que a fórmula (2) é a mais adequada para verificação dos dados.

## 2 - Precisão obtida na reconstituição dos dados

Para verificar a precisão com que podem ser reconstituídos os dados de temperatura média durante períodos variáveis, retomou-se os dados (1972, 1973, 1976) e agrupou-se em períodos de 1, 3, 5, 10, 30 dias. Para cada período foram calculados a média e o desvio padrão da diferença ( $\Delta T$ ) entre a temperatura média calculada e a temperatura média observada, obtendo-se os resultados da tabela abaixo.

Número de dias	Fórmula nº 1		Fórmula nº 2	
	$\Delta T$ média	desvio padrão	$\Delta T$ média	desvio padrão
1	0,36	0,325	0,34	0,296
3	0,36	0,138	0,34	0,130
5	0,36	0,101	0,34	0,093
10	0,36	0,068	0,34	0,063
30	0,36	0,037	0,34	0,034

Observando a tabela constata-se que mesmo no caso da estimativa de valores diários a precisão obtida é muito aceitável. Suponhamos, para esclarecer, que os valores de  $\Delta T$  sigam uma lei de Gauss, neste caso o  $\Delta T$  obtido com a fórmula (1) tem 95% de possibilidades de ficar no intervalo seguinte:

$$- 0,26 \text{ } ^\circ\text{C} \leq \Delta T \leq 0,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

e substituindo  $\Delta T$  por seu valor  $T_{mc} - T_{mo}$ ; ou seja,  $T_{mc} - 0,26$   
 $^\circ\text{C} < T_{mo} < T_{mc} + 0,94 \text{ } ^\circ\text{C}$  o que quer dizer que, na maioria dos casa

As fórmulas (1) e (2) permitiram a estimativa da temperatura média com um erro inferior a um grau.

Agora se compararam as médias e desvio padrões de  $\Delta T$  obtidos com cada fórmula, constata-se que praticamente os resultados são os mesmos.

Neste caso o uso da fórmula (2) mais complicada, apresenta desvantagens enquanto que a fórmula (1) é, mais conveniente na reconstituição dos dados devido sua simplicidade.

## CONCLUSÃO

Este estudo mostra que, nas condições climáticas da região semi-árida do Nordeste, a pouca variação das condições térmicas permite, com uma precisão aceitável, a estimativa de qualquer das três temperaturas (máxima, mínima e média) e partir das duas outras; ou ainda, se as três existirem, verificar a validade do valor delas.

As duas fórmulas propostas, mostra que:

- a)  $T_{mc} = T_m + 0,634 \Delta T$  é mais simples, e aplicável na reconstituição dos dados.
- b)  $T_{mc} = T_m + 0,514 \Delta T + 0,0105 \Delta T^2$ , diminui a dispersão dos valores extremos de  $\Delta T$  e apresenta-se adaptada à verificação dos dados.

## BIBLIOGRAFIA

- AMORIM NETO, M. da S. & CARDON, D.A. Balanço hídrico de regiões características do Estado do Piauí. s.n.t., 22 p. Trabalho apresentado no I Congresso Piauiense de Irrigação e Drenagem, Teresina, PI., Jun. 1982.
- BENAVIDES, G.A.J. & DÍAZ, L.J. Formula para el calculo dela evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N-15°S) *Agronomia tropical*, 20(5):335-345, 1970.
- HALLAIRE, MARC. Sur une methode rapide de depouillement horaire de la temperature a partir du minimum et du maximum journalier. *C.R. Acad. Sci*, 231:406-408, 1950.
- HALLAIRE, MARC. Les temperatures moyennes nocturnes, diurnes et vycthéméroles esprinces en fonction du minimum et du maximum journaliers de temperature. *C.R. Acad. Sci*, 231:1533-1535, 1950.
- HARGREAVES, G.H. Potential evapotranspiration and irrigation requirement for Northeast Brazil. Utah State University Contract n° AID/Cod. 2167 - February - 56 p. 1974.
- LIMA, M.G. de et alii. Normais de Temperaturas máxima, mínima e média estimadas em função de latitude, longitude e altitude para o Estado do Piauí. s.n.t. n.p. Trabalho apresentado no I Encontro de Engenheiros Agrônomos do Piauí, Outubro. 1981.

APÊNDICE

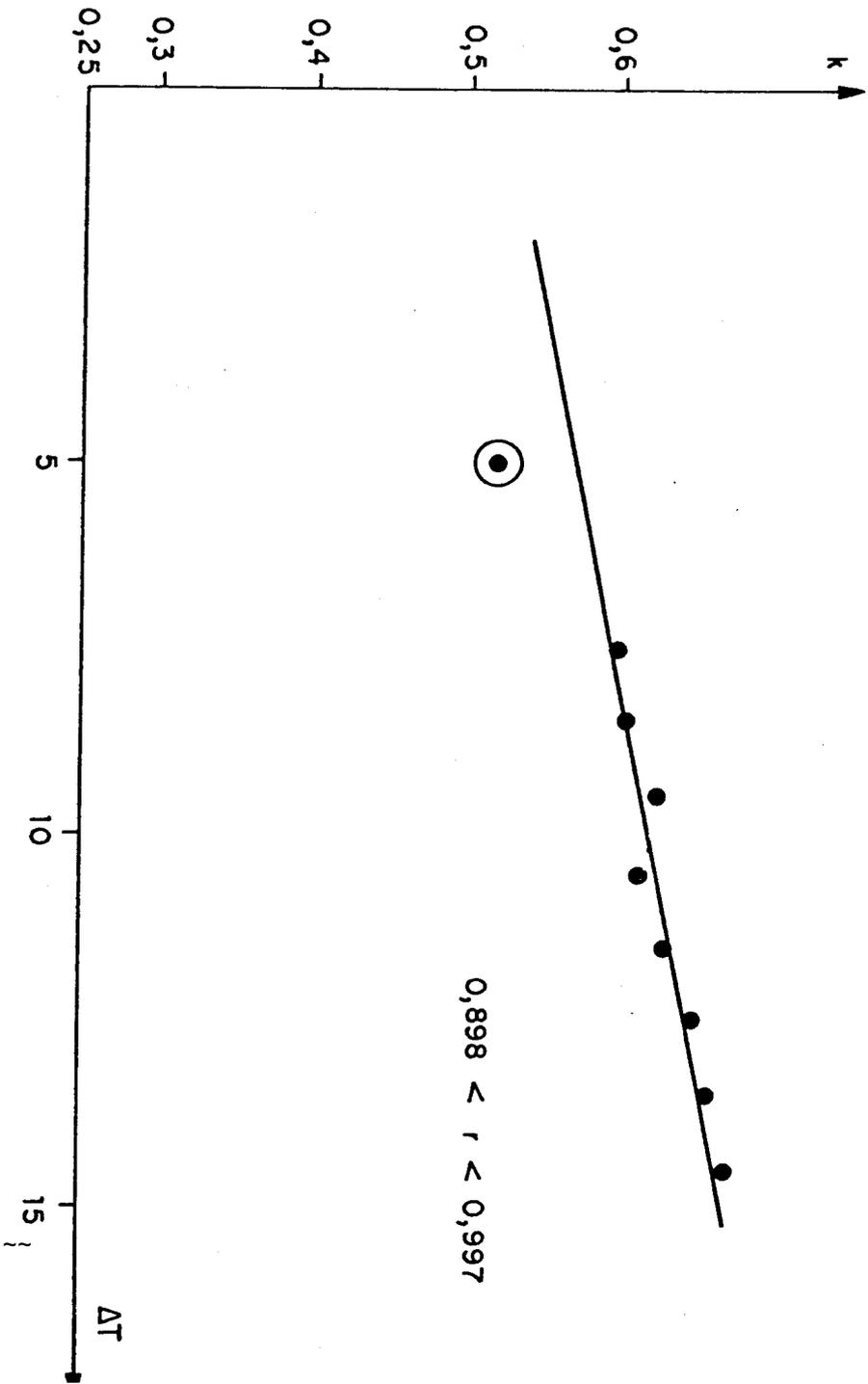


FIG. 1. Regressão ortogonal de k e ΔT.



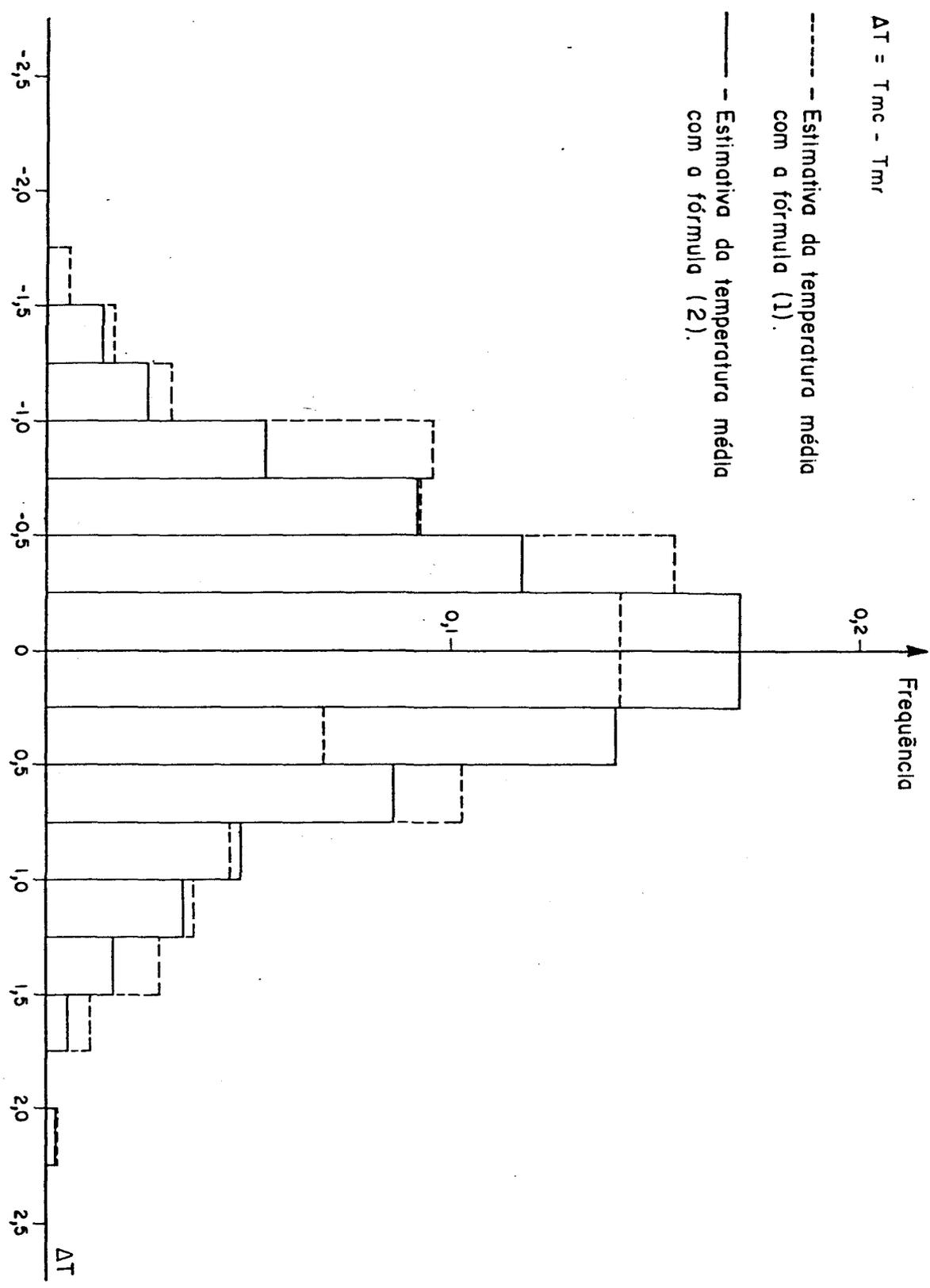
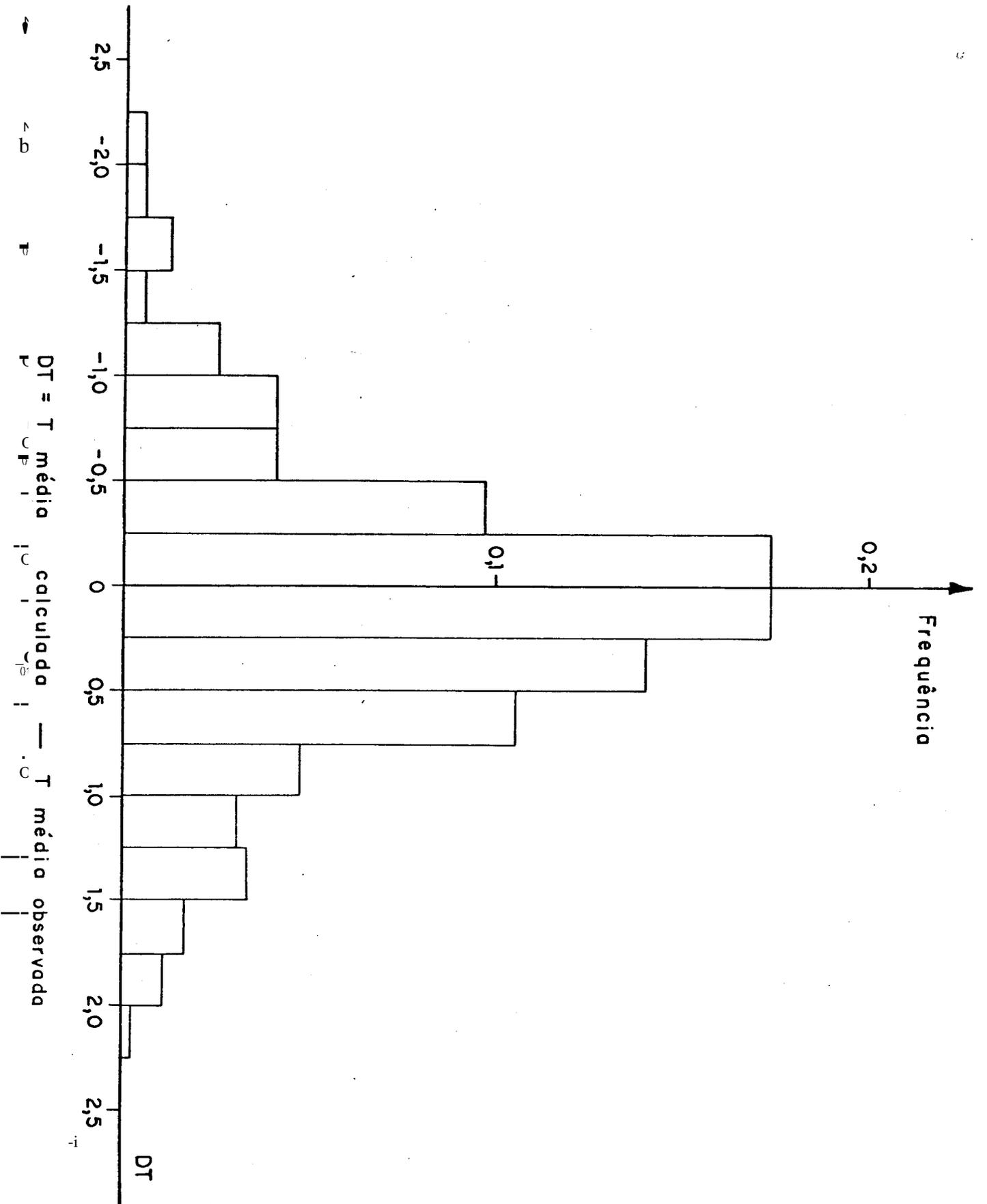


FIG. 2. Valores de  $\Delta T$  obtido com as formulas (1) e (2).



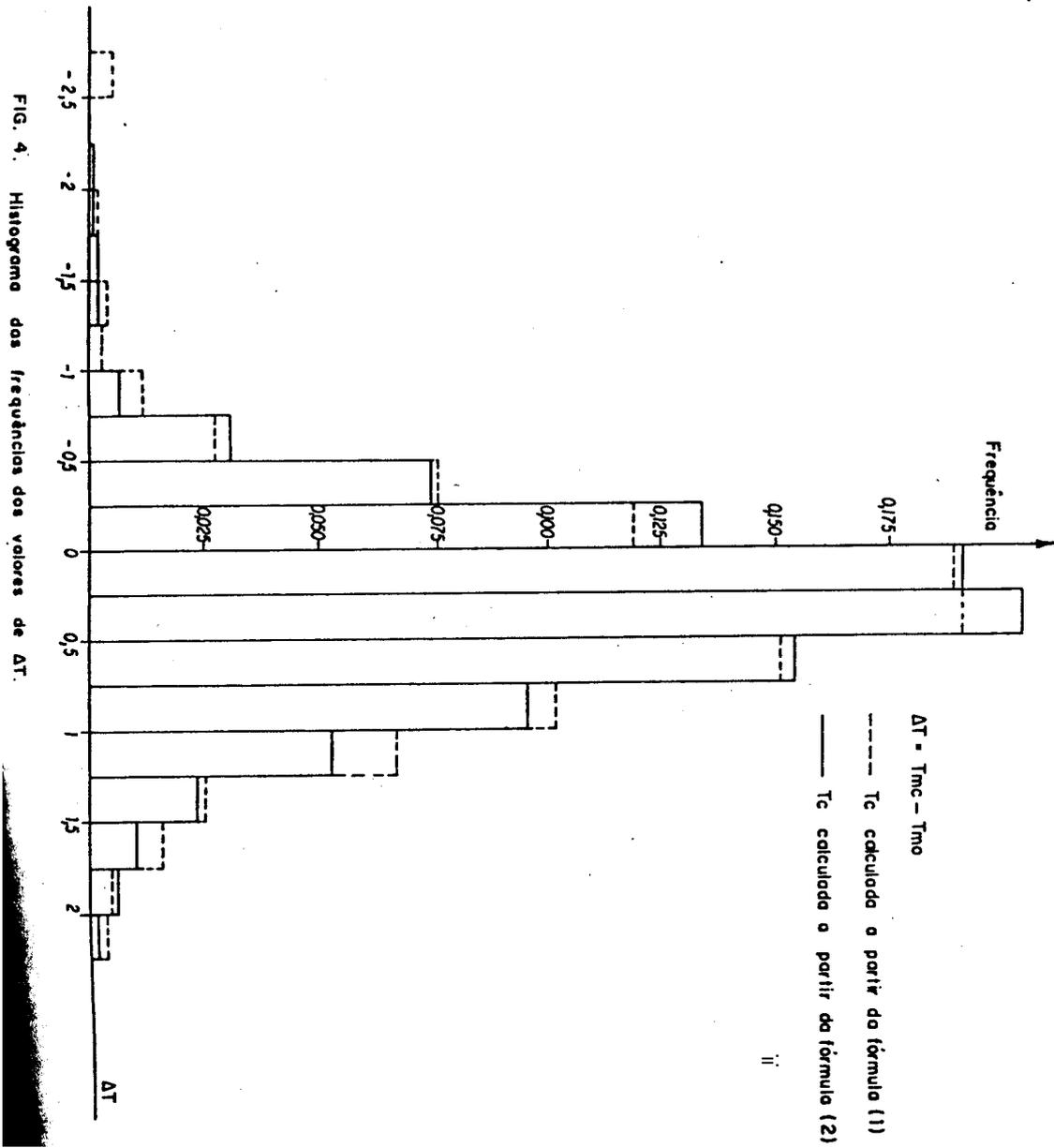


FIG. 4. Histograma das frequências dos valores de  $\Delta T$ .