

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Métodos Estatísticos em Física Experimental

Prof. Zwinglio de Oliveira Guimarães

Análise Estatística de dados de temperatura marítima no Oceano Atlântico

Fredderico Camilo Machado	n°USP 7578690
Lina Ishida	n°USP 5928463
Lucas Pimenta	n°USP 7978400
Thomas Flório	n°USP 7581606
Thomas Shiroto	n°USP 7581631

Introdução

Neste trabalho fizemos uma análise estatística de dados obtidos no site do projeto GOOS-Brasil [1] – página que contém dados oceanográficos dos mares brasileiros. Estes dados comportam valores de temperatura, pressão e nível de salinidade obtidos em diversas profundidades (de 1m até 500m) por boias espalhadas no Oceano Atlântico, sendo gerados a cada 10 minutos e coletados diariamente, na forma de amostras, sendo posteriormente otimizados em uma coleta anual.



Figura 1: Interface da página do site GOOS - Brasil que mostra a localização das boias cujos dados se encontram disponíveis. Em vermelho está a localização de uma das boias utilizadas no trabalho

Trabalhamos com dados de várias boias. Neste texto disponibilizamos a análise dos dados que mais se adequaram ao propósito do trabalho e que nos ofereceram uma discussão mais interessante. Foi dado enfase portanto aos dados referentes as boias 19 Sul e Equador (00 Norte).

Número da Boia	Latitude	Longitude
19	19 ⁰ Sul	34 ⁰ Oeste
20	20 ⁰ Norte	38 ⁰ Oeste
21	21 ⁰ Norte	23 ⁰ Oeste
00	00 ⁰ Norte	35 ⁰ Oeste

Tabela 1: Boias utilizadas no trabalho

A análise dos dados foi feita com auxílio do software R. Basicamente ajustamos as medidas de temperatura (graus celsius) em função do tempo (dias) para diferentes profundidades e posteriormente usamos o resíduo para avaliar os dados. Também plotamos gráficos da amplitude (um dos parâmetros da curva ajustada) e temperatura média em função da profundidade em que foram tomadas as medidas de temperatura.

Abaixo está a curva usada no ajuste:

$$y = A + B \cos\left(\frac{2\pi x}{365.25}\right) + C \sin\left(\frac{2\pi x}{365.25}\right) \quad (1)$$

Sendo A, B e C apenas parâmetros retornados pelo próprio ajuste em R (A e B são como componentes da amplitude de uma onda dada por $\sqrt{A^2 + B^2}$, que que descreve a variação de temperatura ao longo do tempo) e y é a temperatura. O ajuste nos retornou os seguintes valores para os parâmetros (para medidas tomadas em suas respectivas profundidades):

Profundidade (m)	Parametro A (⁰ C)	Parametro B (⁰ C)	Parametro C (⁰ C)
1	26,33350(85)	-2,005(12)	-0,218(12)
60	25,571(10)	-1,281(14)	-0,814(14)
180	21,011(20)	-0,265(28)	0,084(28)

Tabela 2: Parametros obtidos pelo ajuste da curva 1 aos dados da boia 19⁰ Sul com auxilio do software R

Seguem abaixo o plot da curva sobre os pontos e o gráfico da distribuição de resíduos.

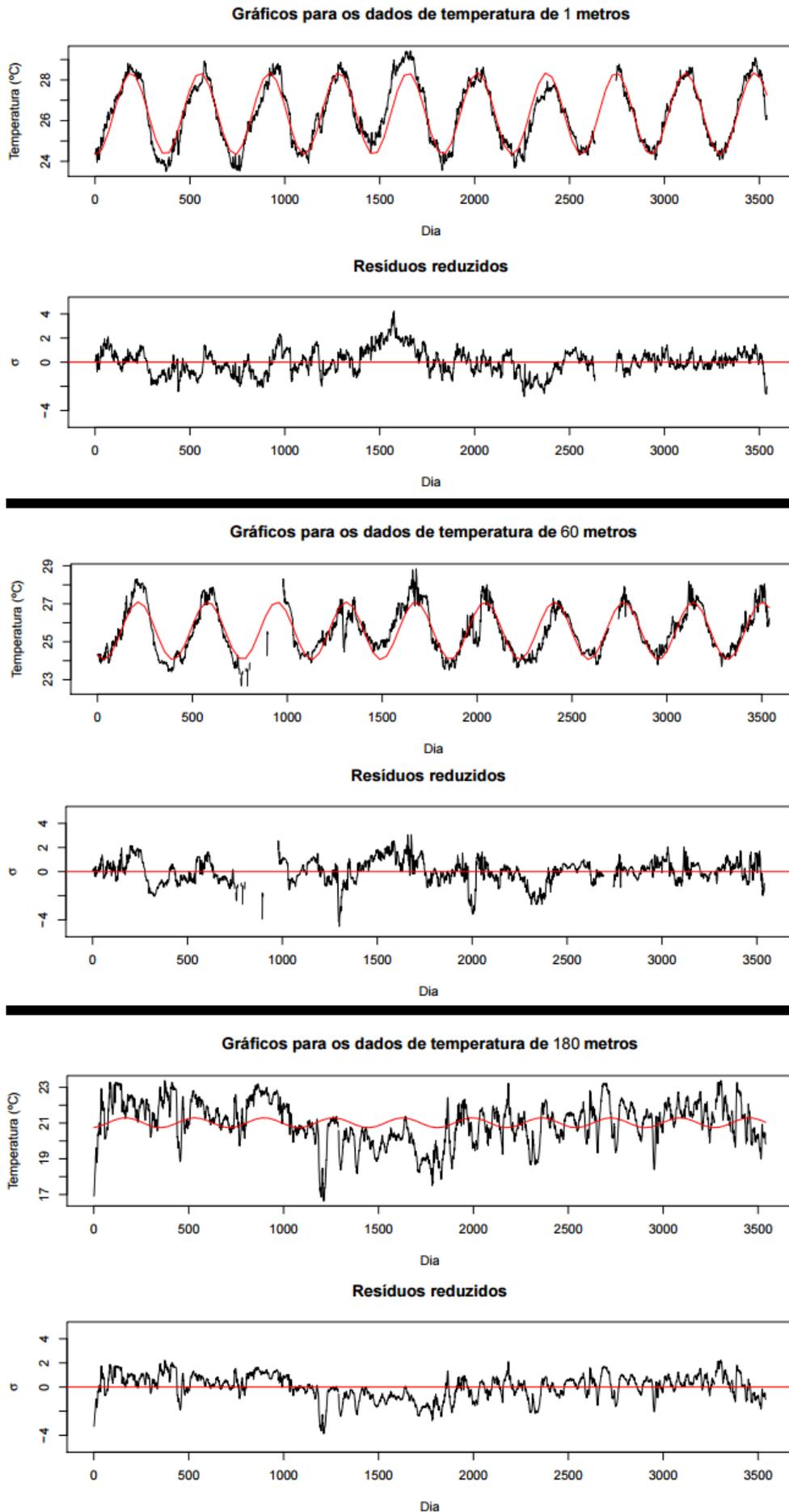


Figura 2: Gráficos obtidos para as profundidades de 1m, 60m e 180m - Boia 19 Sul

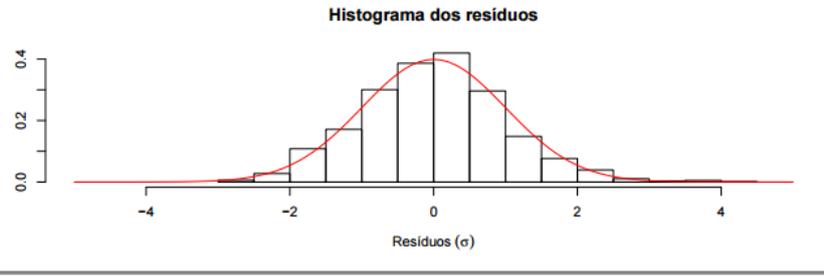


Figura 3: Histograma do resíduo obtido para boia 19 sul a profundidade de 1m

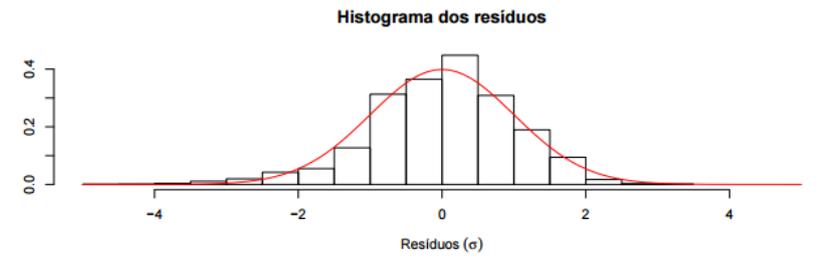


Figura 4: Histograma do resíduo obtido para boia 19 sul a profundidade de 60m

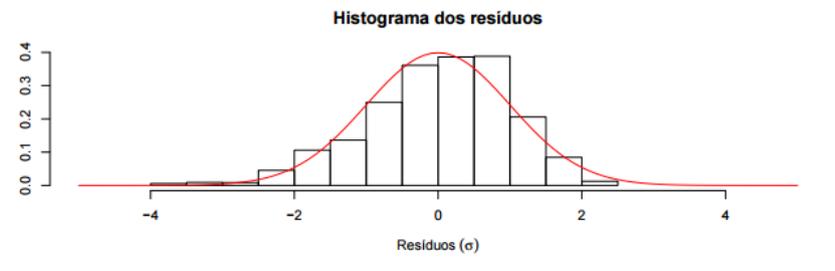


Figura 5: Histograma do resíduo obtido para boia 19 sul a profundidade de 180m

Seguem abaixo as covariancias calculadas de acordo com a profundidade para a boia 19 Sul:

Tabela 3: Matriz de correlação - profundidade: 1m

	A	B	C
A	1	0.0011	0.0031
B	0.0011	1	-0.0327
C	0.0031	-0.0327	1

Tabela 4: Matriz de correlação - profundidade: 60m

	A	B	C
A	1	-0.022	0.0051
B	-0.022	1	-0.020
C	0.0051	-0.020	1

Tabela 5: Matriz de correlação - profundidade: 180m

	A	B	C
A	1	0.027	-0.026
B	0.027	1	0.017
C	0.0051	0.017	1

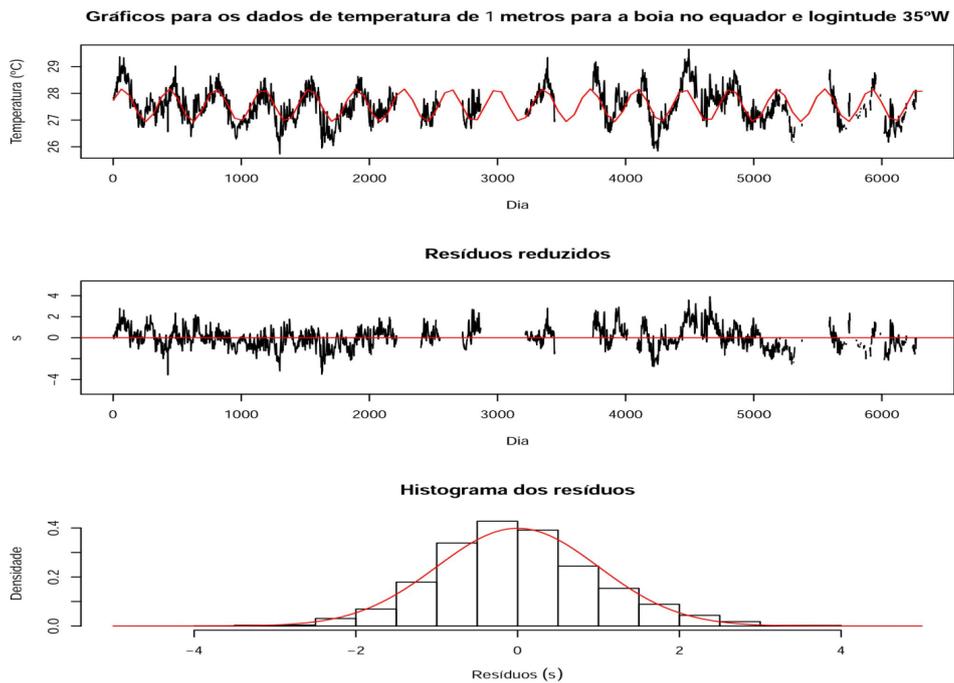


Figura 6: Ajustes, resíduo e histograma do resíduo obtido para boia 00 Norte a profundidade de 1m

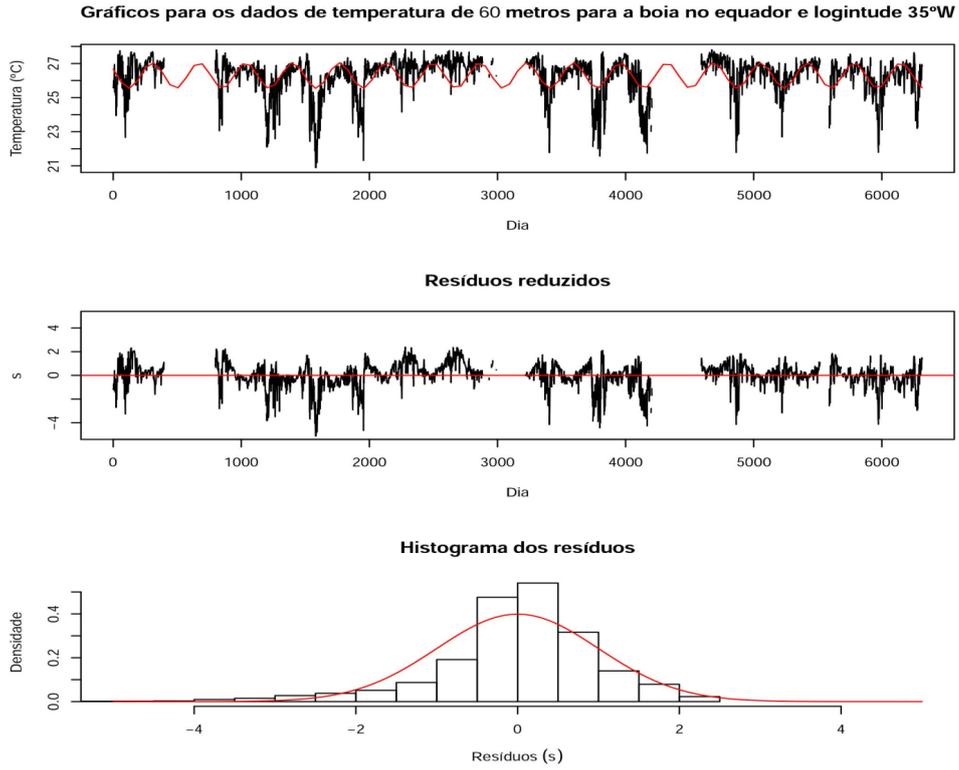


Figura 7: Ajustes, resíduo e histograma do resíduo obtido para boia 00 Norte a profundidade de 60m

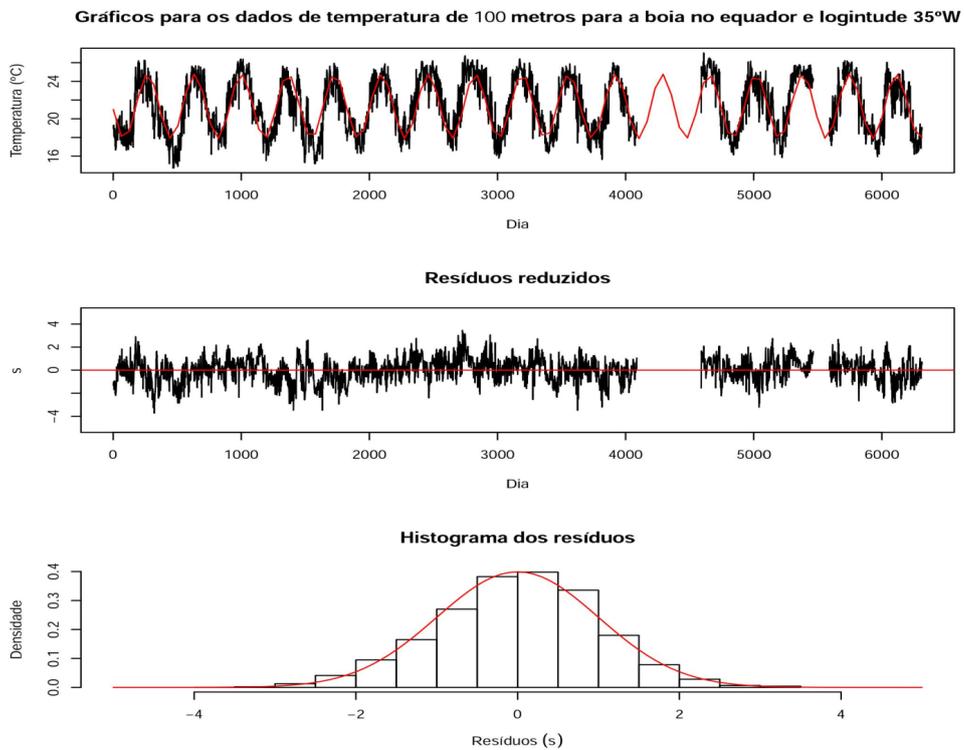


Figura 8: Ajustes, resíduo e histograma do resíduo obtido para boia 00 Norte a profundidade de 100m

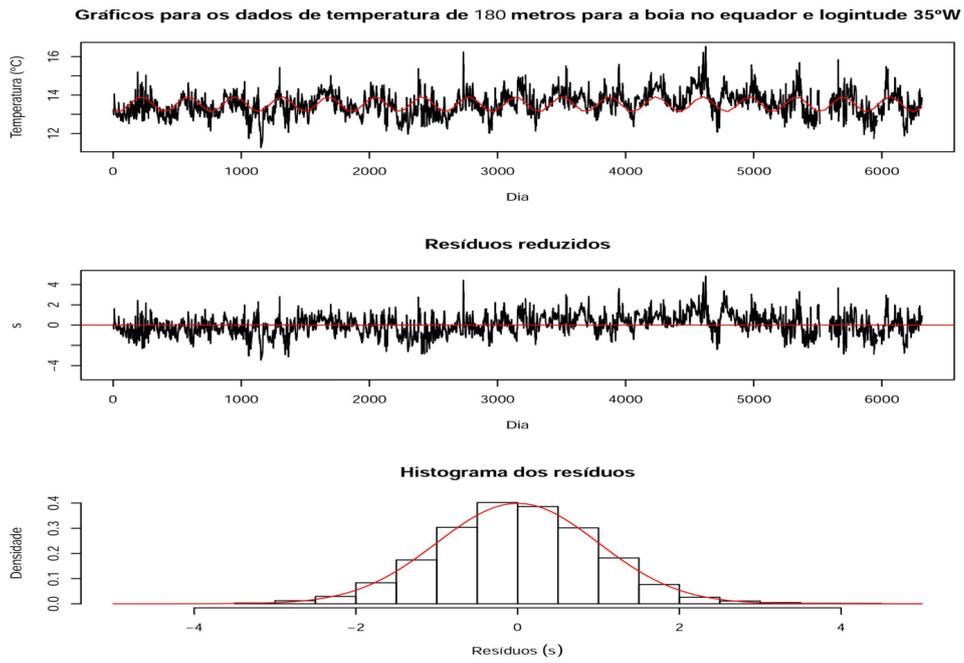


Figura 9: Ajustes, resíduo e histograma do resíduo obtido para boia 00 Norte a profundidade de 180m

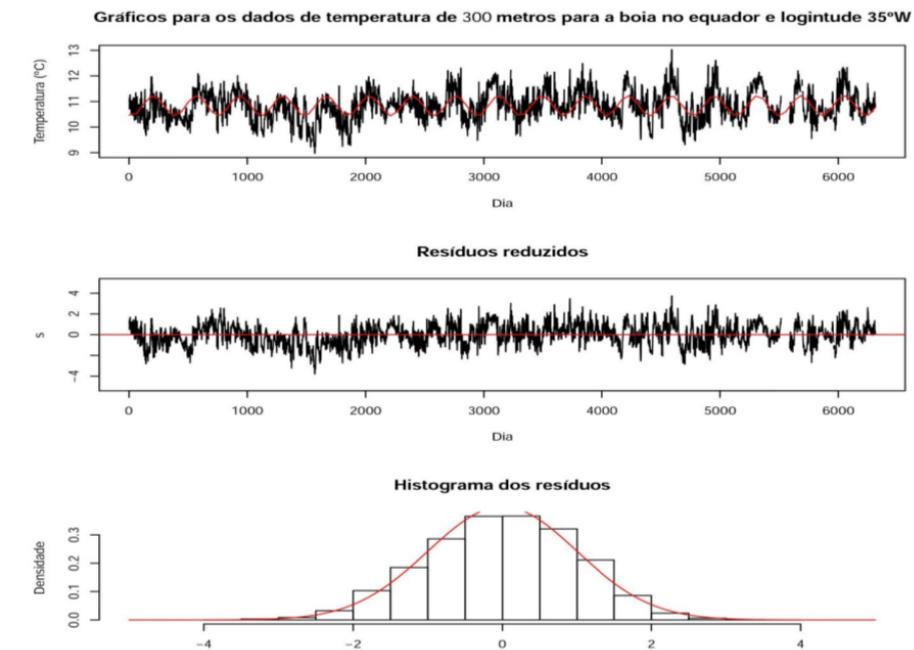


Figura 10: Ajustes, resíduo e histograma do resíduo obtido para boia 00 Norte a profundidade de 300m

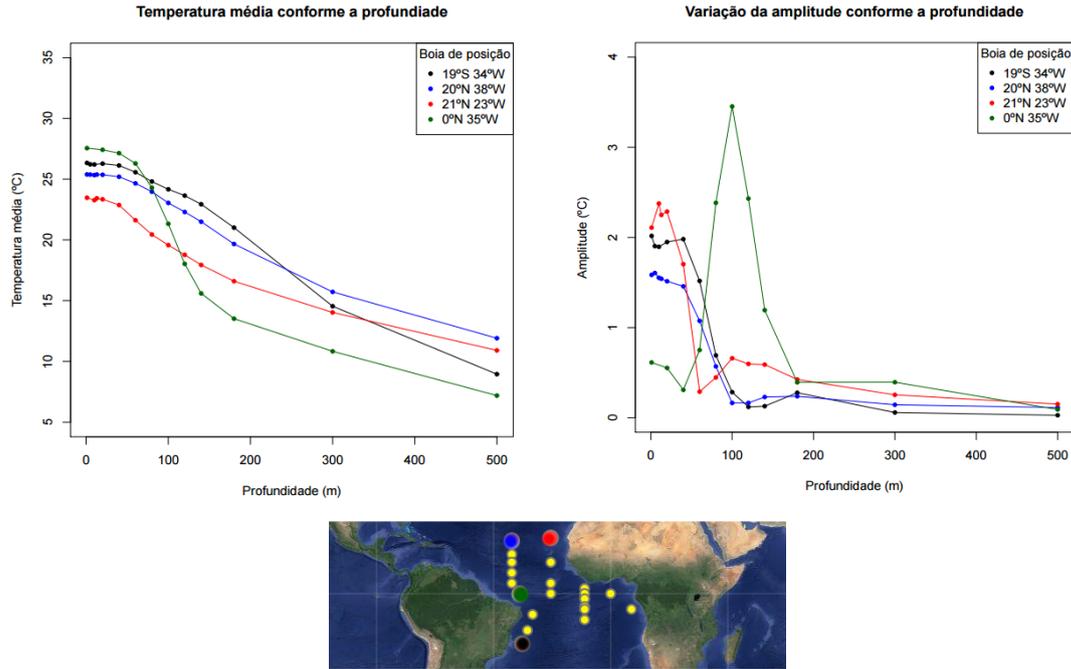


Figura 11: Variação da temperatura média e da amplitude para diferentes boias em função da profundidade.

Comentarios sobre os resultados obtidos

Através dos métodos utilizados no tratamento dos dados podemos fazer algumas observações sobre as medidas e estabelecer possíveis relações entre as variáveis.

Qualitativamente:

1. Ao observarmos os graficos do ajuste e do resíduo percebemos que quanto menor a profundidade melhor a curva descreve a variação de temperatura da boia 19 Sul. Também observa-se para a boia 19 Sul que, aproximadamente entre os dias 1300 e 1800 temos uma variação dos dados diferente do restante dos dias e que parece não ser uma variação aleatória. Para a boia 00 Norte o melhor ajuste foi aquele referente aos dados da profundidade de 100m, apesar de que os graficos de resíduo para os restante das profundidas foram razoáveis, exceto para a profundidade de 60 metros. Observando os gráficos para a profundidade de 60 metros da boia 00 Norte podemos conjecturar que pode haver algo de errado com os dados ou a equação do ajuste não descreve a temperatura a esta profundidade.
2. Ainda qualitativamente podemos reparar que os histogramas tendem a uma gaussiana, para a boia 19 Sul. Para a boia 00 Norte vemos que o histograma para a profundidade de 60m foi o menos próximo de uma gaussiana entre os outros referentes a outras profundidades.
3. Comparando a variação de temperatura média e amplitude em função da profundidade o que mais chama a atenção é a boia número 00 Norte. Enquanto todas as outras diminuem a temperatura suavemente e relativamente de modo semelhante entre si, a boia 00 Norte cai drasticamente entre $\approx 70-170\text{m}$ de profundidade. Os dados desta mesma boia destoam novamente dos demais no gráfico da variação de amplitude por profundidade no mesmo intervalo ($\approx 70-170\text{m}$).
4. A superfície do oceano está sujeita a uma maior variação de temperatura do que regiões mais profundas.

Quantitativamente:

1. Pela matriz de correlação vemos que os parâmetros encontrados para o ajuste dos dados referentes a boia 19 Sul são bastante independentes uns dos outros.

Outros comentários:

A equação utilizada no ajuste se mostrou melhor para determinadas regiões e profundidades, o que sugere haver influência de outros fatores (além da sazonalidade) no comportamento da temperatura das águas no restante das regiões.

Sobre o banco de dados utilizado podemos dizer que apesar da vantagem da grande quantidade de dados disponíveis, alguns não estão completos e/ou não possuem incertezas o que dificulta sua análise.

Referências

[1] GOOS-BRASIL. Projeto pirata, jun 2015. <http://www.goosbrasil.org/tiki-index.php>.