

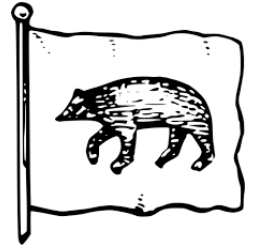
# Análise da variação do custo do kg do aço estrutural no Brasil

KITAWARA, P.A.S. - kitawarairon@gmail.com

ENGENHARIA & OTIMIZAÇÃO

Construtora do Brasil

January 19, 2022



**Keywords:** Aço, Series temporais, Custo, Construção, Python

## ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## CONTENTS

Contents	1
1 Introdução	1
1.1 Material de análise	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Informações sobre o banco de dados	1
1.4 Metodologia e recursos utilizados	2
2 Desenvolvimento	2
2.1 Variação do custo do kg do aço ao longo do período analisado	2
2.2 Primeiro período de crescimento exponencial	2
2.3 Segundo período de crescimento exponencial	2
2.4 Análise do custo do kg do aço por região	2
2.5 Análise da região Centro-Oeste	3
2.6 Conclusões encontradas	3
3 Modelagem preditiva	3
3.1 Analisando a série temporal	3
3.2 Modelo preditivo	3
3.3 Precisão dos modelos	3
3.4 Modelo de Naive	3
3.5 Modelo AR	4
3.6 Modelo ARMA	4
3.7 Modelo ARIMA	4
References	5

## 1 INTRODUÇÃO

Os custos dos insumos da construção civil vêm tendo um aumento expressivo nos últimos anos, por isso identificar quais fatores estão influenciando esse aumento é extremamente importante, uma vez que a engenharia sempre busca a otimização dos custos, isto é, os menores custos. Além disso, a variável de análise é o custo do aço de armação de  $\phi = 10 \text{ mm}$  ao longo dos meses.

### 1.1 Material de análise

O aço estrutural tem como objetivo o combate ao esforço de tração na estrutura de concreto armado. Na figura abaixo pode-se observar uma estrutura de laje onde a armadura de aço está sendo preenchida pelo concreto.



Figure 1. Estrutura de concreto armado com aço estrutural exposto.

### 1.2 Objetivos

Neste projeto tem-se os seguintes objetivos:

- Identificar os períodos críticos, isto é, onde houve um aumento expressivo do custo do aço em um curto período;
- Procurar motivos/respostas para esses aumentos críticos;
- Identificar padrões na série temporal;
- Identificar a região com o maior custo médio;
- Analisar a região Centro-Oeste;
- Gerar previsões sobre os preços do aço e identificar qual modelo é mais próximo da realidade.

### 1.3 Informações sobre o banco de dados

- O custo médio/mediano do aço estrutural por estado;
- O dataset informou 21 estados;
- A média do custo do aço estrutural no Brasil;
- Dados de fev/2007 até ago/2021;

- O banco de dados foi fornecido pelo CBIC<sup>1</sup>

## 1.4 Metodologia e recursos utilizados

Para o tratamento, análise e modelagens utilizou-se a linguagem *Python* com suporte da plataforma *Jupyter notebook*. O arquivo original encontra-se no repositório do GitHub<sup>2</sup>

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Variação do custo do kg do aço ao longo do período analisado

A partir dos dados tratados pode-se gerar o seguinte gráfico:

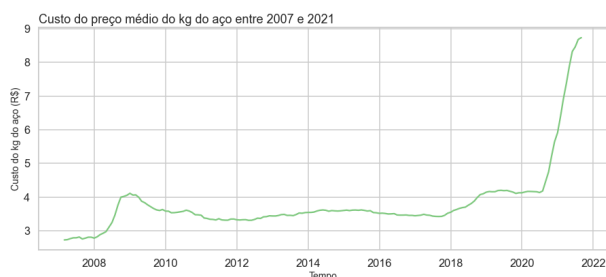


Figure 2. Variação do custo do kg do ao longo dos meses.

Na Figure 2 acima pode-se observar que existem dois períodos em que o custo do aço obteve um aumento exponencial. O primeiro período encontra-se entre 2009 e 2010 e o segundo período encontra-se entre 2020 e 2021.

No primeiro período foi observado que o crescimento do investimento em projetos sociais como *Minha Casa, Minha Vida*, *PAC* e incentivos econômicos como o crescimento da renda, do emprego e da oferta de crédito e incentivo do governo na área da construção incentivaram o aumento da construção civil e, consequentemente, o preço do aço estrutural aumentou devido a grande demanda.

No segundo período houve o início da pandemia do COVID-19, no qual esse gerou a quarentena de vários serviços. Contudo, tal efeito não foi investigado mais a fundo neste artigo.

Portanto, o custo do aço é muito sensível a sua disponibilidade na região, isto é, quando o mercado de construção demanda muito desse produto seu preço cresce muito. Seu preço torna-se um termômetro da construção civil para estruturas de concreto armado, uma vez que a alta demanda de barras de aço estrutural significa que obras de concreto armado estão acontecendo.

### 2.2 Primeiro período de crescimento exponencial

Na figura abaixo encontra-se o crescimento no primeiro período de crescimento exponencial. Assim, pode-se observar que o crescimento foi mais suave e obteve um pico máximo no em janeiro de 2009. Vale salientar, no mês de dezembro houve uma queda no preço indicando a diminuição das obras nos períodos festivos.

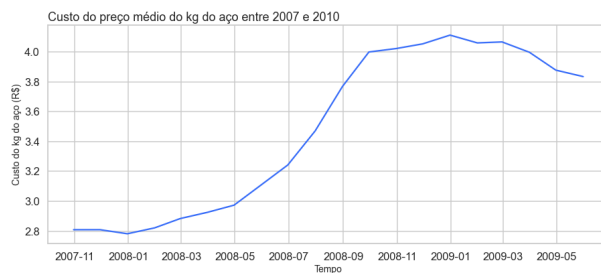


Figure 3. Variação do custo do kg do aço entre 2007 e 2010

Por fim, na Figure 4 observa-se um pico da velocidade e depois a diminuição da mesma. Indicando que uma redução no crescimento no custo do aço;



Figure 4. Velocidade da variação do custo do kg do aço entre 2007 e 2010

### 2.3 Segundo período de crescimento exponencial

Na figura abaixo encontra-se o crescimento no segundo período de crescimento exponencial. Assim, pode-se observar que o crescimento foi mais suave e obteve um pico máximo no em janeiro de 2009. Vale salientar, no mês de dezembro houve uma queda no preço indicando a diminuição das obras nos períodos festivos.

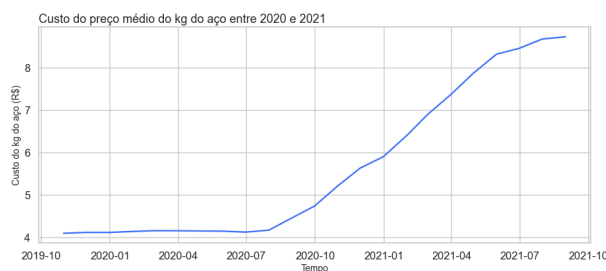


Figure 5. Variação do custo do kg do aço entre 2020 e 2021

### 2.4 Análise do custo do kg do aço por região

Nesta etapa os dados foram agrupados pelos meses e contabilizados pela sua média. Na Figure 7 está exposta o resultado desse agrupamento.

Pode-se perceber que os estados agrupados expostos têm uma sazonalidade ao longo dos meses, onde no mês de agosto observa-se um pico no custo do aço e um decaimento nos meses posteriores. Além disso, verifica-se que o estado com o maior custo do kg do aço é Roraima. Vale salientar, o custo do aço está intimamente ligado ao volume de construções de estruturas de concreto armado.

Na Figure 8 observa-se de forma mais simples a variação do custo do aço ao longo dos meses.

<sup>1</sup> <http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/aco-10mm-e-produtos-de-aco-longo>

<sup>2</sup> [https://github.com/kitawarairon/portifolio\\_analise\\_dados/tree/main/projeto\\_evolucao\\_do\\_custo\\_do\\_a%C3%A7o](https://github.com/kitawarairon/portifolio_analise_dados/tree/main/projeto_evolucao_do_custo_do_a%C3%A7o)

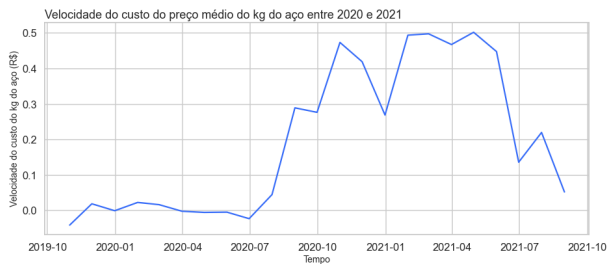


Figure 6. Velocidade da variação do custo do kg do aço entre 2020 e 2021

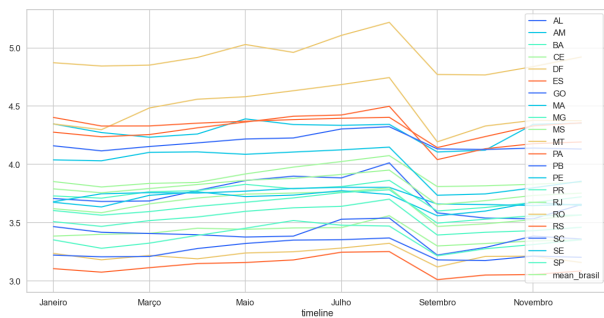


Figure 7. Custo médio por estado



Figure 8. Custo médio agrupado

Agora, na análise pelas regiões do Brasil, a Figure 10 demonstra que a região norte é a região que detém o maior custo do kg do aço.

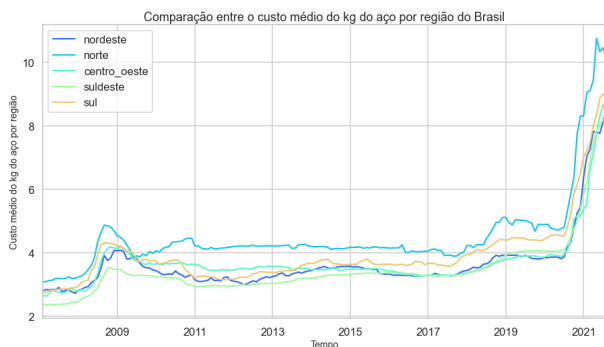


Figure 9. Custo médio agrupado

## 2.5 Análise da região Centro-Oeste

A região Centro-Oeste foi analisada de forma singular, pois foi um pedido da empresa. Por isso, na figura abaixo encontra-se a variação detalhada do custo por estado da região Centro-Oeste.

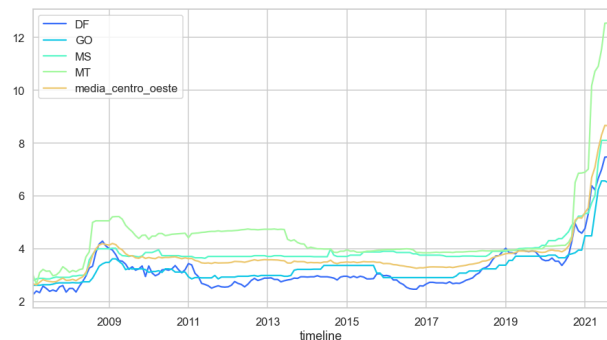


Figure 10. Custo médio agrupado

## 2.6 Conclusões encontradas

## 3 MODELAGEM PREDITIVA

### 3.1 Analisando a serie temporal

### 3.2 Modelo preditivo

As previsões de séries temporais é, usualmente, modelada sob um processo estocástico  $Y(t)$ , por exemplo, uma sequência de variáveis aleatórias. Em uma previsão, estamos no momento  $t$  e temos o interesse de estimar o  $Y(t+1)$ , usando somente as informações disponíveis até o instante  $t$ . Neste trabalho foram utilizadas as modelagens de Naive, AutoRegressivo (AR), ARMA e ARIMA.

### 3.3 Precisão dos modelos

A precisão dos modelos será verificada de duas formas: a primeira está relacionada com o erro médio quadrático:

$$\epsilon_2 = (Y_{real} - Y_{previsto})^2 \quad (1)$$

Além disso, a verificação da previsão do melhor modelo com o valor real de mercado.

$$\xi_2 = \frac{(\$_{real} - \$_{previsto})}{\$_{real}} \quad (2)$$

### 3.4 Modelo de Naive

Essa é a predição mais simples e, por isso, foi utilizada como base para a comparação com as outras.



Figure 11. Comparação entre o valor real e o modelo Naive

Pelo gráfico acima é possível observar-se que o modelo Naive e os valores reais estão bem próximos, isso indica que apesar de existirem períodos de crescimento repentinos, esse crescimento é diluído ao longo do meses com isso o modelo preditivo acompanha com mais facilidade os valores reais. Por fim, o modelo Naive obteve um erro médio quadrático,  $R^2$ , igual a 0,0130.

### 3.5 Modelo AR

Em modelos de regressão múltipla, fazemos a previsão da variável de interesse utilizando a combinação linear das variáveis preditoras. Em um modelo auto-regressivo, fazemos a previsão da variável de interesse utilizando a combinação linear dos valores passados da mesma variável. O termo auto-regressivo indica que o processo é definido como um modelo de regressão de uma variável por ela mesma.

Assim, um modelo auto regressivo de ordem  $p$  pode ser escrito como

$$y_t = c + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

onde  $\epsilon_t$  é o ruído branco. Nos referimos a um modelo  $AR(p)$  como um modelo auto-regressivo de ordem  $p$ .

Assim, na Table 1 tem-se os resultados obtidos para o modelo AR.

**Table 1.** Comparação entre os modelos Auto-Regressivo

Modelo	$p$	$R^2$
$AR - 1$	1	0.00755
$AR - 2$	2	0.00297
$AR - 3$	3	0.00287
$AR - 4$	4	0.00275

Dessa forma, escolheu-se o modelo  $AR - 3$  como melhor solução, pois não há mudanças significativas no valor no  $R^2$  quando aumenta-se o número de flags. Assim, prevendo o valor para o mês de setembro de 2021, obteve-se um erro percentual ( $\xi$ ) de 1.71%.

### 3.6 Modelo ARMA

O modelo ARMA é a junção dos modelos  $AR(p)$  e  $MA(q)$ :

- $AR(p)$ : tenta explicar o efeito de *momentum* da série.
- $MA(q)$ : tenta capturar o efeito do ruído na série.

Esse efeito pode ser interpretado como eventos inesperados que afetam a observação. O modelo criado é representado pela equação:

$$X_t = c + \epsilon_t + \sum_{i=1}^p \beta_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i}.$$

$$MAE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n_{amostras}} \sum_{i=0}^{n_{amostras}-1} |y_i - \hat{y}_i|$$

A descoberta dos valores apropriados de  $p$  e  $q$  no modelo  $ARMA(p, q)$  pode ser facilitada ao mapear as funções de autocorrelação parcial para um valor estimado de  $p$  e, da mesma forma, usar as funções de autocorrelação para um valor estimado de  $q$ . Mais informações podem ser obtidas considerando as mesmas funções para os resíduos de um modelo ajustado com uma seleção inicial de  $p$  e  $q$ .

### 3.7 Modelo ARIMA

ARIMA é a acrônimo que significa "Autoregressive Integrated Moving Average Model" (Modelo de médias móveis integrado de auto regressivo).

Esse acrônimo é descritivo, capturando os aspectos chave do próprio modelo. Resumidamente, estes são:

- AR: Auto regressão. Um modelo que utiliza a relação de dependência entre uma observação e um conjunto de observações passadas.
- Integrated: O uso de diferenças das observações para tornar uma série estacionária.

- MA: Média móvel. Um modelo que usa a dependência entre uma observação e o erro residual das médias móveis aplicadas em observações anteriores.

Cada um desses componentes é explicitamente especificados no modelo através de parâmetros. Uma notação padrão é utilizada como  $ARIMA(p, d, q)$ , onde os parâmetros são substituídos por valores inteiros para indicar o modelo ARIMA específico que está sendo utilizado.

Os parâmetros do modelo ARIMA são definidos como:

- $p$ : o número de observações passadas inclusas no modelo, também chamado de "ordem do lag".
- $d$ : o número de diferenças tomadas, também chamado de "grau de diferenciação".
- $q$ : o tamanho da janela da média móvel, também chamado de "ordem da média móvel".

$$\begin{aligned} \dot{m}_i &= \dot{m}_T - \dot{m}_D \\ y &= \sin(2\pi\alpha t + \beta) + C \end{aligned} \quad (3)$$

### ACKNOWLEDGEMENTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

**REFERENCES**