

Identificação de cintilações ionosféricas: Um estudo comparativo da aplicação de filtros nos sinais GPS

Clodoaldo de S. F. Júnior¹, Evaldo R. R. G. Junior¹, Leonardo A. Carniato², Bruno C. Vani³

1. Discente do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica - IFSP – Câmpus Presidente Epitácio;

2. Docente – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio, Área Engenharia Elétrica.

3. Docente em Ciência da Computação e Técnico em Informática – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio;

E-mails: clodoaldo.souza@aluno.ifsp.edu.br, evaldo.guirao@aluno.ifsp.edu.br, leonardo@ifsp.edu.br, brunovani@ifsp.edu.br

Área: B – Engenharias

Resumo

Quando sinais GNSS se propagam pela Ionosfera Terrestre (camada compreendida a 50 km em relação a superfície terrestre), estarão sujeitos a diversos efeitos, como flutuação de fase. Portanto, o presente estudo visa propor a análise acerca de um dos principais métodos utilizados para a análise de atrasos ionosféricos, sendo este a aplicação de filtros na fase com a intenção de remover os efeitos da geometria orbital do satélite e identificar ocorrências de cintilação ionosférica. O presente estudo compara funções do software MATLAB® e aplicação do filtro Butterworth de várias ordens objetivando entender o comportamento e qual o melhor para aplicação.

Introdução e metodologia

Os filtros são de grande importância para analisar efeitos causados pela Ionosfera Terrestre, sendo que esta é uma das maiores fontes de interferência na propagação dos sinais GNSS (Global Navigation Satellite System). A Ionosfera Terrestre é um meio dispersivo que tem grande influência sobre a propagação dos sinais eletromagnéticos.

No caminho de propagação tem-se uma irregularidade de elétrons que pode provocar variações na amplitude e flutuação de fase no sinal e, sob determinadas condições, até mesmo acarretar na perda completa do sinal, tais irregularidades caracterizam a cintilação ionosférica.

Comumente é utilizado na fase do sinal GNSS a aplicação do filtro Butterworth de 6º ordem, aplicando-se uma frequência de corte de 0,1 Hz para eliminar-se o efeito da geometria orbital do satélite e do erro do relógio do receptor ao longo do tempo. O presente estudo visa analisar o comportamento da fase do sinal GNSS ao aplicar diversos tipos de filtros, sendo que estes filtros visam a remoção de tendências e identificação de ocorrências de cintilações.

Para as simulações será utilizado o MATLAB®, sendo este um software interativo de alta performance e voltado para o cálculo numérico.

Com esses dados, será realizado o tratamento da fase para que seja possível ser utilizada e após isso a aplicação de filtros Butterworth, possuindo como objetivo principal estudar a influência da ordem do filtro na resposta obtida. A Equação 1 descreve a função resposta do filtro Butterworth.

$$|H(j\omega)| = \frac{K_{PB}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}}, \text{ para } n = 1, 2, 3 \dots \quad (01)$$

Resultados e conclusões

Utilizou-se da função *filtfilt* para aplicar os filtros de mesma ordem que os apresentados na Figura 1, sendo que essa função realiza uma filtragem digital de fase zero sobre os dados de entrada, assim como a anterior. Esta função aplica uma filtragem nos dados na direção para frente e depois reverte a sequência filtrada e executa de volta no filtro.

Vale ressaltar que a ordem do filtro aplicado no *filtfilt* acaba dobrando, por isso é especificado metade das ordem do filtro (do que utilizado na função *filter*).

Essa função é responsável por minimizar transientes de inicialização e finalização mesclando as condições iniciais, conforme é apresentado na Figura 2.

Figura 1. Fase filtrada do sinal utilizando filtros Butterworth com a função filter do software MATLAB®.

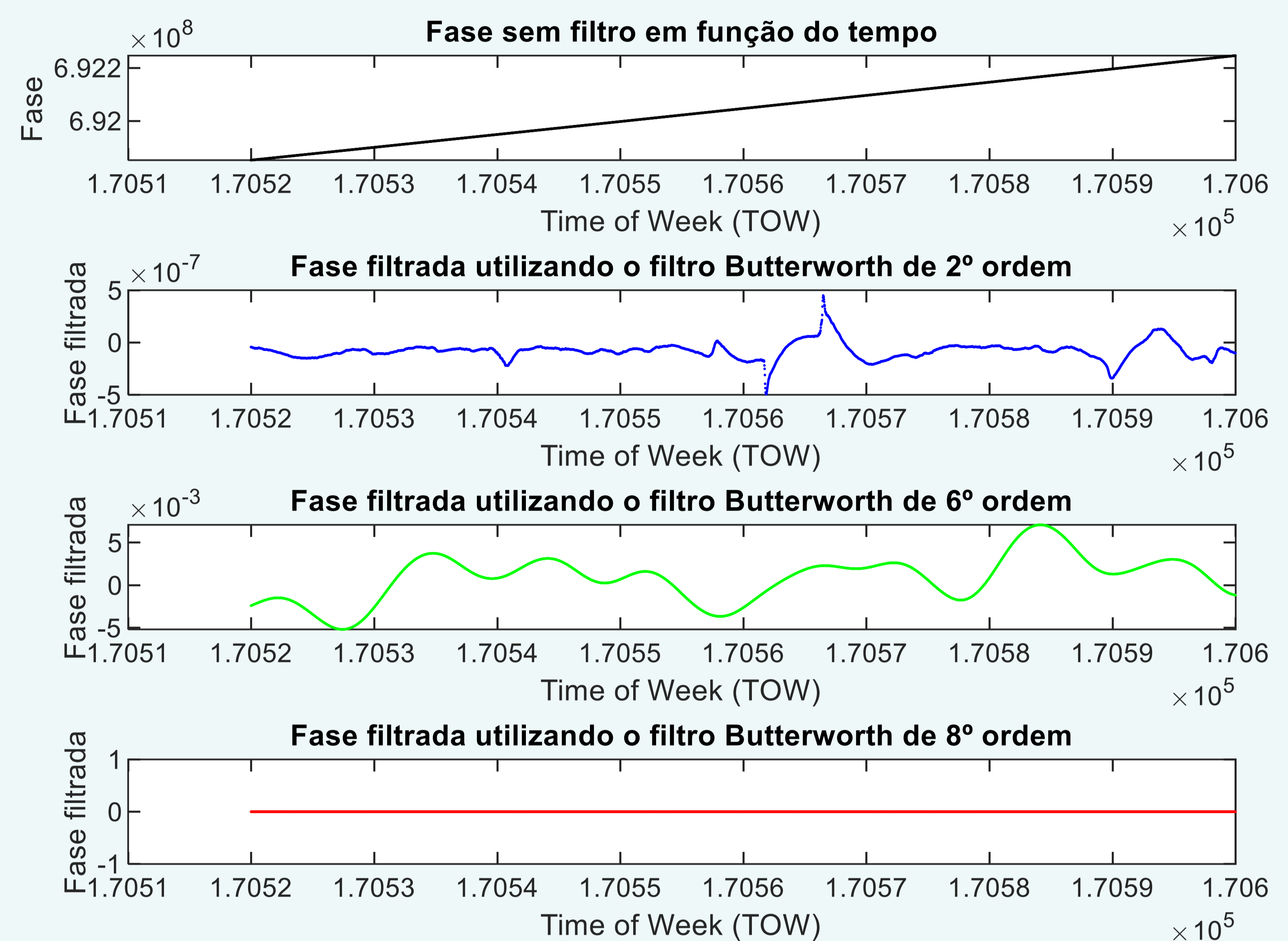
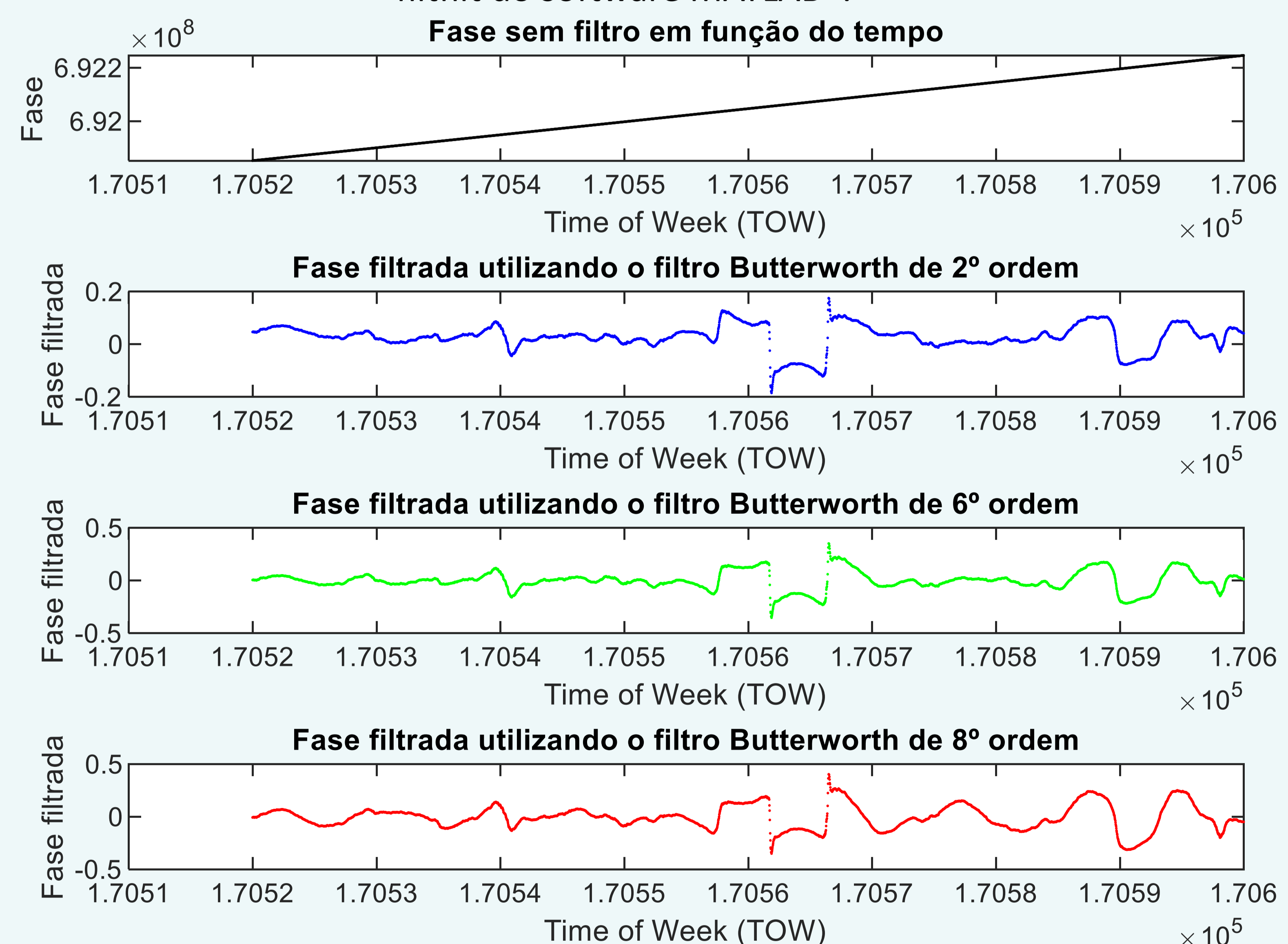


Figura 2. Fase filtrada do sinal utilizando filtros Butterworth com a função filtfilt do software MATLAB®.



Conclui-se que a utilização da função *filtfilt* é uma melhor escolha nestes casos, sendo que esta consegue realizar uma melhor filtragem do sinal, minimizando impactos que ocorrem na filter no começo e final do sinal filtrado e ainda melhora a identificação de momentos de ocorrência de cintilações.

Também se resalta a importância dos filtros, com ênfase no filtro Butterworth que pode ser utilizado para a previsão e análise de perdas de sincronismo nos sinais GNSS associadas a cintilação ionosférica.