

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE NEWTON-RAPHSON E GAUSS-SEIDEL APLICADOS AO PROBLEMA DE FLUXO DE CARGA

REJANNE ALVES DE MELO^{1*}, OSMAR LEITE FERREIRA NETO²
JOSÉ MARIA DE ARAÚJO NETTO³, TEREZA CRISTINA SALES SILVA⁴

¹Mestranda em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, remelovieira@hotmail.com;

²Pós-Graduando Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, osmarlfneto@gmail.com;

³Engenheiro Eletricista, UFPI, Teresina-PI, ja-netto@hotmail.com;

⁴ Esp. em Gerenciamento de Obras, IPOG, Teresina-PI, salestereza@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Este artigo apresenta um análise dos métodos de Gauss-Seidel e Newton-Raphson aplicados ao problema de Fluxo de Carga. Os dois algoritmos foram utilizados na resolução de 6 configurações fornecidas pelo IEEE, sendo 14, 30, 57, 118, 145 e 300 o número de barras de tais configurações. Em cada configuração foi avaliado o tempo, a quantidade de iterações (limitadas a 1000) e as perdas do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Newton-Raphson, Gauss-Seidel, fluxo de carga.

ANALYSIS OF THE NEWTON-RAPHSON AND GAUSS-SEIDEL METHODS APPLIED TO THE LOAD FLOW PROBLEM.

ABSTRACT: This paper presents an analysis of the Gauss-Seidel and Newton-Raphson methods applied to the Load Flow problem. The two algorithms were used in the resolution of 6 configurations provided by the IEEE, being 14, 30, 57, 118, 145 and 300 the number of bars of such configurations. In each configuration the time, number of iterations (limited to 1000) and system losses were evaluated.

KEYWORDS: Newton-Raphson, Gauss-Seidel, Load Flow.

INTRODUÇÃO

Realizar o cálculo do fluxo de carga ou fluxo de potência em uma rede de energia elétrica consiste basicamente em se determinar o estado da rede, a distribuição dos fluxos e algumas outras grandezas de interesse. A modelagem do sistema, nesse tipo de problema, é estática, o que significa que a rede será representada por equações e inequações algébricas. Realiza-se o cálculo de fluxo de carga com o auxílio de métodos computacionais desenvolvidos com o propósito de resolução do sistema de equações e inequações algébricas constituintes do modelo estático da rede (Monticelli, 1983).

Classifica-se os componentes de um sistema de energia elétrica em dois grupos: os que estão ligados entre um nó qualquer e o nó-terra, caso de geradores, cargas, reatores e capacitores; e os que estão ligados entre dois nós quaisquer da rede, caso das linhas de transmissão, transformadores e defasadores.

As cargas e os geradores correspondem a parte externa do sistema, e são modeladas por injeção de potência nos nós das redes. Obtem-se as equações básicas do fluxo impondo-se a conservação das potências ativas e reativas em cada nó da rede, isto é, a potência líquida injetada deve ser igual à soma das potências que fluem pelos componentes internos que têm este nó como um de seus terminais. Isto equivale a impor a Primeira Lei de Kirchhoff. A Segunda Lei de Kirchhoff é utilizada para expressar os fluxos de potência nos componentes internos como funções das tensões (estados) de seus nós terminais (Monticelli, 1983).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho buscou analisar o desempenho dos métodos de Gauss-Seidel (GS) e Newton-Raphson (NR) aplicados ao problema do fluxo de carga. Foram trabalhados 6 cenários distintos variando nestes a quantidade de barras dos sistemas analisados por cada algoritmo. Em cada cenário foram utilizados os métodos de GS e NR e avaliados 3 resultados: perdas da rede, tempo de convergência e quantidade de iterações.

Cada algoritmo foi executado até que o método tratado convergisse ou o número de iterações alcançasse o valor de 1.000, considerando-se então, neste caso, a não convergência do método.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução de cada algoritmo para cada caso os resultados foram tabelados e analisados.

Das três características propostas inicialmente para análise descartou-se a análise das perdas de potência em cada método pois as mesmas apresentaram-se com resultados iguais, portanto, analisou-se apenas a quantidade de iterações e o tempo de convergência de cada algoritmo em cada caso (ver tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Análise cenários 14, 30 e 57 barras

Nº Barras	14		30		57	
Método	NR	GS	NR	GS	NR	GS
Iterações	3	167	3	670	3	518
Tempo	0,01	0,047	0,017	0,288	0,016	0,421

Os três cenários da tabela 1 estão separados da tabela 2 pois os cenários da tabela 2 não convergiram para o método de GS, ou seja, extrapolaram o limite imposto inicialmente de 1000 iterações.

Tabela 2 - Análise cenários 118, 145 e 300 barras; * não convergência.

Nº Barras	118		145		300	
Método	NR	GS*	NR	GS*	NR	GS*
Iterações	3	1000	3	1000	5	1000
Tempo	0,01	2,14	0,011	2,632	0,019	5,697

Uma comparação de ambos os métodos pode ser visualizada nos gráficos.

Figura 1. Número de iterações para os métodos GS e NR

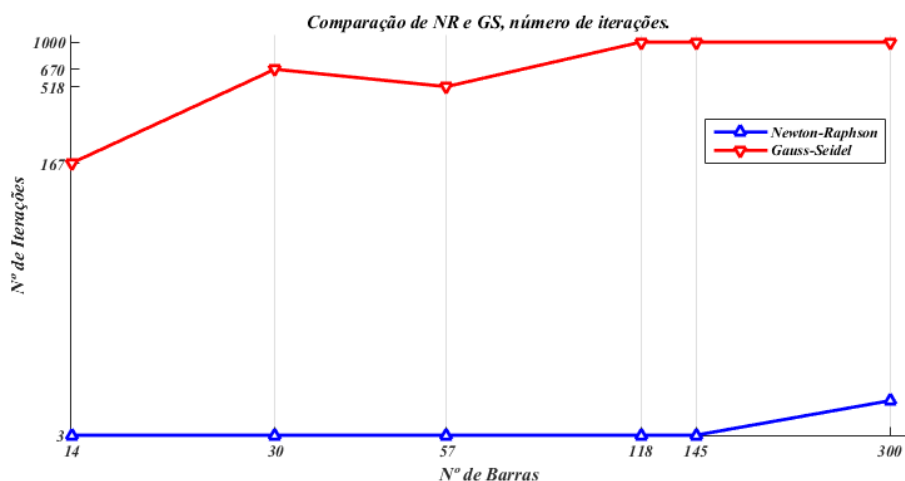
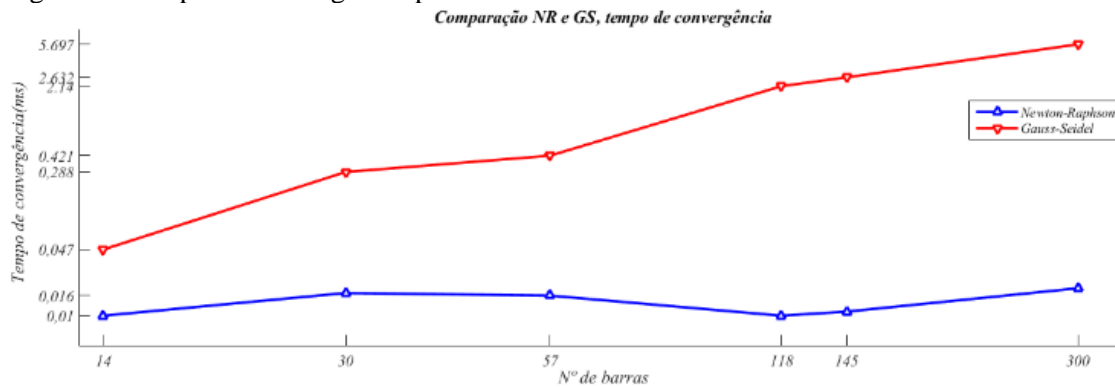


Figura 2. Tempo de convergência para os métodos GS e NR



A convergência do método de NR demonstrou-se excelente em todos os cenários. Houve máximo de 5 iterações no cenário de 300 barras e pode-se observar que o número de iterações não depende da quantidade de barras do sistema, ou seja, não depende do tamanho do sistema a ser tratado. O método de NR baseia-se na série de Taylor e derivadas parciais apresentando como vantagem uma menor quantidade de iterações diminuindo assim o tempo computacional para sua convergência.

O método de NR apresentou-se tão preciso quanto o método de GS sendo ainda não sensível a fatores como escolha da barra slack e com um número de iterações quase independente do tamanho do sistema.

Como desvantagem do uso do método de NR há de se destacar uma maior quantidade de cálculos em cada iteração o que resulta um maior tempo por iteração e não maior tempo global. Há de se ressaltar ainda uma necessidade de mais memória e uma programação mais complexa.

O método de GS apresenta-se como um dos mais comumente empregados para a resolução de Fluxo de Carga por ser de grande simplicidade de implementação, apresentar um menor consumo de memória e o tempo computacional por iteração é pequeno, embora o tempo computacional total apresente-se muito maior em relação ao NR.

Como desvantagens ao método de GS podemos ainda citar uma lenta taxa de convergência que resulta em um maior número de iterações e também, uma forte ligação do número de iterações à quantidade de barras do sistema.

CONCLUSÕES

Apesar de um maior tempo computacional por iteração e necessidade de mais memória o método de NR apresentou-se com até 333,33 vezes menos iterações no seu melhor caso (145 barras) em relação ao método de GS. No quesito tempo computacional o método de NR apresentou-se com até 299,84 vezes mais rápido em seu melhor caso (300 barras) em relação ao método de GS.

Apesar do número crescente de barras nos cenários testados o método de NR mostrou-se com convergência independente do tamanho do sistema, característica contrária ao método de GS.

Por apresentar um menor número de iterações para atingir a convergência e ainda sim nos fornecer resultados precisos encoraja-se o uso do método de NR para resolução de problemas de Fluxo de carga.

REFERÊNCIAS

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Site ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6169750, acessado em dezembro de 2016.
- Monticelli, Alcir José. Fluxo de carga em redes de energia elétrica. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1983.
- Stevenson, William D. Elementos de análise de sistemas de potência. 2. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
- Sadiku, Matthew N.O., ALEXANDER, Charles K. 5ª ed. Porto Alegre, 2000