

Modelagem para Sistema de Apoio ao Planejamento Global e Regionalizado de Longo Prazo dos Sistemas de Alta Tensão da CELPE

A. A. Santos, I. L. Soares e R. A. Lima, CELPE, e A. U. Antunes, A. Méffe, M. R. Carvalho, Daimon.

Resumo-- O planejamento dos sistemas de alta tensão reveste-se de suma importância no atual contexto do setor elétrico brasileiro. Dado a magnitude das cargas envolvidas, bem como da importância operativa em relação ao sistema como um todo, é imperativa a alta confiabilidade requerida neste segmento. Desta forma, é salutar que se possa avaliar, de modo efetivo, qual o impacto em termos da melhoria de desempenho bem como da economicidade correspondente que os planos alternativos de expansão podem conferir ao sistema. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo teórico que subsidie o estabelecimento de planos de expansão decenais, globais e/ou regionalizados, relativos aos sistemas de alta tensão em horizontes de longo prazo. Serão analisadas alternativas de expansão do sistema elétrico através de simulações técnicas, verificando os critérios de disponibilidade, carregamento e queda de tensão no horizonte previsto. Além das simulações técnicas, serão efetuadas análises de engenharia econômica, a sensibilidade do sistema elétrico para atendimento às novas demandas e variações do crescimento de demanda, bem como os riscos associados a cada alternativa utilizando fatores de probabilidade e custo de perdas técnicas obtidas através de simulações.

Em se desenvolvendo uma metodologia global que contemple os aspectos citados anteriormente, o cruzamento de resultados obtidos permitirá a avaliação dos custos marginais de expansão dos sistemas elétricos de transmissão, insumo de fundamental importância em diversos estudos técnico-econômicos, além de se constituir em parâmetro essencial em análises tarifárias.

Palavras-chaves—Distribuição de energia, Planejamento da expansão, Decenal, Custos Marginais.

I. INTRODUÇÃO

O planejamento da expansão de uma rede elétrica de distribuição tem por objetivo realizar o diagnóstico do desempenho sob os critérios básicos de disponibilidade, carregamento e queda de tensão no horizonte previsto.

O problema do planejamento a longo prazo, no que se refere à expansão de redes de transmissão, é clássico e por

isso, busca-se um novo modelo para a resolução deste problema. O objetivo principal da resolução deste problema é encontrar o plano ótimo de expansão, ou seja, especificar os circuitos (linhas e/ou transformadores) que deverão ser instalados na rede, para permitir a operação viável num horizonte pré-definido a um custo mínimo. Os dados deste problema geralmente são: a topologia atual (ano base), os circuitos candidatos, a demanda para o ano-horizonte, as restrições de investimento, etc. O plano ótimo de expansão deve definir onde, quantos e quando os novos circuitos devem ser instalados. Atualmente as concessionárias não dispõem de ferramenta adequada para analisar e avaliar que projetos deveriam ser elegíveis segundo critérios técnicos e de benefício/custo, principalmente na etapa de avaliação dos cortes de investimentos de expansão da rede após a definição do plano da empresa.

O processo de planejamento da expansão do sistema de alta tensão da CELPE é desenvolvido com ferramentas não especificamente concebidas para esta finalidade, desta forma, há pouca automação no que tange à compilação da quantidade de dados necessários. Foi identificada a utilização do Programa de Análise de Redes (ANAREDE) criado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), porém foi identificada a ausência de ferramentas que automatizem a priorização das obras, conforme sua importância, que evitam ou reduzem transgressões técnicas e mantém a continuidade do fornecimento de serviços. Atualmente a priorização é centrada no conhecimento prévio de profissionais, que pode ter resultados diferentes se outro profissional vier a fazê-lo, pois há em questão a experiência profissional do analisador. Obras de outra natureza não técnica, como estratégias da Empresa também são avaliadas conforme a sensibilidade do analista. Atualmente o processo de planejamento não valoriza a melhoria de índices técnicos em suas proposições de obras, até mesmo pela ausência de ferramentas adequadas a esta finalidade.

O objetivo deste trabalho é especificar uma modelagem que poderá ser adotado para distribuição dos recursos destinados às redes de distribuição de alta tensão entre os diversos regionais da CELPE, de modo que se obtenha um plano de obras de expansão decenal que considere as restrições orçamentárias da distribuidora, bem como os critérios de alocação de recursos entre os regionais.

Antonia Aldenisa F. Santos é engenheira de planejamento da Companhia Energética de Pernambuco, (e-mail: aldenisa@celpe.com.br).

Ivo Luiz Soares Junior trabalha na Companhia Energética de Pernambuco em Planejamento da Transmissão (e-mail: ivo.soares@celpe.com.br)

Robson A. A. de Lima trabalha na Companhia Energética de Pernambuco em Planejamento da Transmissão (e-mail: robsonlima@celpe.com.br).

Alden Uehara Antunes trabalha na Daimon Engenharia na área de pesquisa e desenvolvimento (e-mail: alden@daimon.com.br).

André Méffe trabalha na Daimon Engenharia na área de pesquisa e desenvolvimento (e-mail: andre.meffe@daimon.com.br).

Marcus Rodrigo Carvalho trabalha na Daimon Engenharia na área de pesquisa e desenvolvimento (e-mail: marcus@daimon.com.br).

II. PREMISSAS E CRITÉRIOS

Para a priorização de obras são analisados os carregamentos dos transformadores e linhas de transmissão e a queda de tensão nas barras. Considera-se o sistema em condições normais de operação para diferentes cargas simuladas, confrontado-as com os limites operacionais. Na Tabelas 1 apresentam-se os limites operacionais de tensão nas barras, e nas Tabelas 2 e 3, apresentam-se os critérios de priorização de obras em relação ao carregamento de transformadores e linhas de transmissão utilizados pela CELPE:

TABELA 1
LIMITE DE TENSÃO NAS BARRAS

Tensão	Situação	Condição normal	Contingência
138 kV e 69 kV com consumidor	Limite mínimo	0,95 pu	0,95 pu
	Limite máximo	1,05 pu	1,05 pu
138 kV e 69 kV sem consumidor	Limite mínimo	0,95 pu	0,90 pu
	Limite máximo	1,05 pu	1,05 pu
13,8 kV	Limite mínimo	1,00 pu	0,95 pu
	Limite máximo	1,05 pu	1,05 pu

TABELA 2
PRIORIZAÇÃO DE OBRAS EM LT'S

Carregamento na LT	Prioridade da obra
80% a 90% da capacidade nominal (*)	Baixa
90% a 95% da capacidade nominal (*)	Media
Maior que 95% da capacidade nominal (*)	Alta

(*) Capacidade nominal = limite de ampacidade da linha de transmissão para o horário de carga sob simulação.

TABELA 3
PRIORIZAÇÃO DE OBRAS EM TRANSFORMADORES

Carregamento no Transformador	Prioridade da Obra
80% a 90% da potência nominal (*)	Baixa
90% a 95% da potência nominal (*)	Media
Maior que 95% da potência nominal (*)	Alta

(*) Potência nominal = capacidade nominal de transformação considerando a utilização da ventilação forçada do transformador, quando existente.

A. Base Conceitual

Antes de definir um modelo de planejamento de redes de alta tensão, é de fundamental importância saber como deverão ser tratadas a rede e a carga e também como considerar a evolução da demanda. Na Figura 1 é apresentado um modelo

de um sistema de geração, transmissão e distribuição.

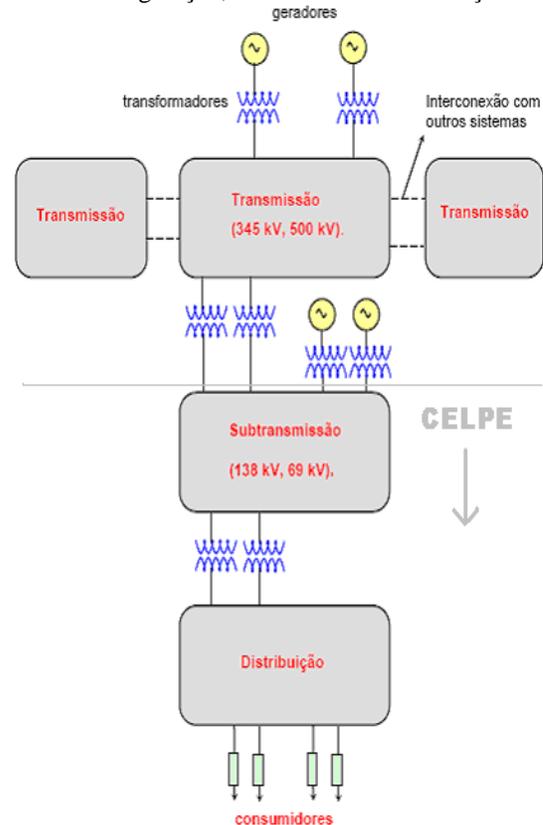


Fig. 1. Modelo geração – transmissão – distribuição

B. Modelagem da Rede de Alta Tensão

Para representação da rede de distribuição do segmento de alta tensão são necessárias informações e modelagens dos seguintes componentes:

- Linhas de Transmissão;
- Transformadores de 2 enrolamentos;
- Transformadores de 3 enrolamentos;
- Bancos de capacitores;
- Capacitor série;
- Regulador de tensão.

As linhas de transmissão serão modeladas pelos seus circuitos pi-nominal, conforme Figura 2. Esta premissa é adequada no que tange à respectiva aplicação no sistema de alta tensão da CELPE, uma vez que suas respectivas linhas de alta tensão não apresentam extensões excessivamente elevadas, sendo que a maior delas apresenta um comprimento de 74 km.

O sistema deve permitir o fornecimento das impedâncias em termos de valores em pu ou através do tipo de cabo e comprimento (o que permitirá o posterior cálculo em pu).

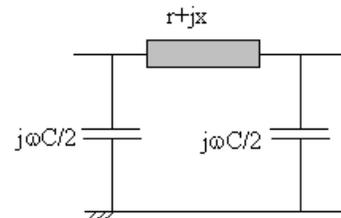


Fig. 2. Modelo de linha de alta tensão

Os transformadores serão modelados através do circuito pi-equivalente. Quando o transformador encontra-se em seu tap nominal, este é simplesmente representado pela sua impedância de seqüência positiva, em pu, na base do sistema, conforme Figura 3. No caso do transformador estar fora do tap nominal, o circuito equivalente é o apresentado na Figura 4.

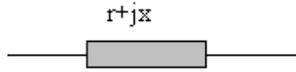


Fig. 3. Modelo de transformador tap nominal

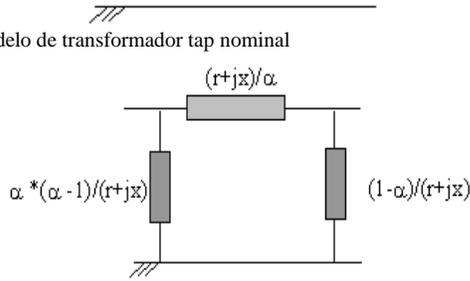


Fig. 4. Modelo de transformador fora tap nominal.

Sendo $\alpha = V_{n2} / V_{n1}$, na qual:

V_{n1} : Tensão nominal referente ao enrolamento primário do transformador;

V_{n2} : Tensão nominal referente ao enrolamento secundário do transformador.

Os transformadores de 3 enrolamentos serão modelados através de seus circuitos em estrela, conforme mostrado na Figura 5, onde p, s e t representam, respectivamente, os terminais do primário, secundário e terciário.

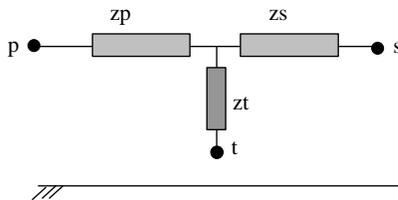


Fig. 5. Modelo de transformadores de três enrolamentos

A utilização de bancos de capacitores nas redes de alta tensão, para os quais são conhecidas suas potências reativas (MVar), têm o intuito de melhorar o perfil de tensão da rede de distribuição, controlar o fator de potência e diminuir as perdas nas linhas.

No caso de capacitores em série nas redes de subtransmissão, são conhecidas suas reatâncias. O importante é que nos dois casos (bancos de capacitores e capacitores em série), o equipamento será modelado como sendo de impedância constante com a tensão.

Os reguladores de tensão são auto-transformadores, os quais apresentam um modelo semelhante ao transformador, conforme representado na Figura 6:

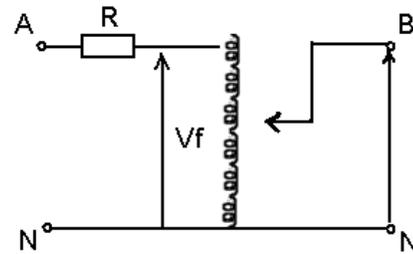


Fig. 6. Modelo de regulador de tensão

C. Modelagem da Carga

Em relação ao sistema de distribuição de alta tensão existem, basicamente, 3 tipos pré-definidos de barras de carga e geração, a saber:

- Swing (ou de referência), quando são conhecidos o módulo e fase da tensão na barra;
- PV (tensão controlada ou de geração), quando são conhecidos a potências ativa e o módulo da tensão na barra;
- PQ (ou de carga), quando são conhecidas as potências ativa e reativa na barra.

No desenvolvimento do estudo foram considerados os critérios constantes no documento “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão - CCPE/CTET - Novembro/2002”, além das premissas apresentadas a seguir:

As barras de carga são constituídas pelos clientes de alta tensão e pelos transformadores das subestações de distribuição.

As barras de suprimento podem ser modeladas, para o fluxo de potência, como barras swing, quando são conhecidos os valores de módulo e fase da tensão ou como barras PV, quando são conhecidos os valores da potência injetada e do módulo da tensão.

As unidades de geração, para o fluxo de potência, podem ser modeladas como barras de geração PV ou como barras de carga PQ, conforme o tipo de estudo a ser efetuado.

A potência absorvida por uma carga depende de sua natureza, e pode variar em função da tensão a ela aplicada. No caso geral, sabe-se que:

$$P_f = f_1(V_f) \quad (1)$$

$$Q_f = f_2(V_f) \quad (2)$$

na qual:

P_f : Potência Ativa absorvida pela carga, por fase;

Q_f : Potência Reativa absorvida pela carga, por fase;

V_f : Tensão de fase aplicada à carga;

$f_1(V_f), f_2(V_f)$: Funções que relacionam as potências ativa e reativa ao módulo da tensão aplicada.

Existem vários modelos para a representação do comportamento da carga em função da tensão aplicada, dentre os quais destacam-se:

- Cargas de corrente constantes com a tensão;
- Cargas de potência constantes com a tensão;
- Cargas de impedância constantes com a tensão;
- Cargas constituídas por composição dos modelos

anteriores.

Na Figura 7, apresenta-se a variação de potência absorvida em função da tensão, para os modelos de corrente, potência e impedância constantes com a tensão.

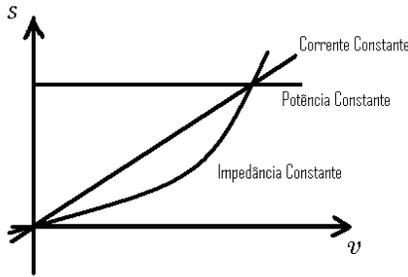


Fig. 7. Comportamento da carga com relação aos tipos de modelagem

Em linhas gerais, as redes de alta tensão da CELPE apresentam a propriedade de serem predominantemente radiais e atendidas por uma única fonte. Desta forma, na maior parte das barras de alta tensão, a operação normal do sistema impõe a queda de tensão da fonte aos pontos de carga (consumidores de alta tensão e subestações de distribuição).

Neste contexto, depreende-se que o modelo de carga que reproduz a condição mais crítica é o de potência constante com a tensão, uma vez que, em geral, sendo as tensões nas barras inferiores a 1 pu, ter-se-á a maior corrente de circulação no sistema e, por conseqüência, os maiores carregamentos, volume de perdas e perfil mais crítico de tensão no sistema.

Diante de tais considerações, a premissa a ser adotada nas especificações dos modelos de planejamento será a de simulação na condição mais crítica, de modo que, embora desejável, a implementação de um modelo que combine os 3 tipos descritos de representação da carga, optar-se-á pelo desenvolvimento de um algoritmo de fluxo de potência para avaliação de desempenho técnico da rede de alta tensão, fundamentado no modelo de carga de potência constante com a variação de tensão.

Para as cargas que podem ser representadas por este modelo, suas potências ativas e reativas permanecem constantes, iguais aos seus valores nominais, ou seja:

$$\bar{S}_{nf} = S_{nf} \angle \varphi = P_{nf} + Q_{nf} \quad (3)$$

Neste caso, a corrente absorvida pela carga, quando alimentada com uma tensão qualquer $\vec{V}_f = V_f \angle \theta_1$, é obtida por:

$$I_f = \frac{\bar{S}_{nf}^*}{V_f^*} = \frac{S_{nf} \angle -\varphi}{V_f \angle -\theta_1} = \frac{S_{nf} \angle \theta_1 - \varphi}{V_f} \quad (4)$$

A corrente absorvida é inversamente proporcional à tensão aplicada.

D. Projeção de Demanda

As informações plurianuais de demanda máxima dos diversos pontos de carga do sistema de alta tensão serão utilizadas como dado de entrada dos modelos de planejamento a serem implementados.

A obtenção das tipologias das curvas de carga coletadas dos clientes de alta tensão e nos barramentos do lado secundário das subestações de distribuição viabiliza a elaboração das curvas de carga horo-sazonais (24 pontos) representadas pela Figura 7 em pu da demanda máxima. Além disso, essas curvas permitem determinar, adequadamente, três patamares de carga do sistema de alta tensão que reproduzam as condições típicas de simulação normalmente adotadas nos cálculos de fluxo de potência, relativas à carga pesada, intermediária e leve.

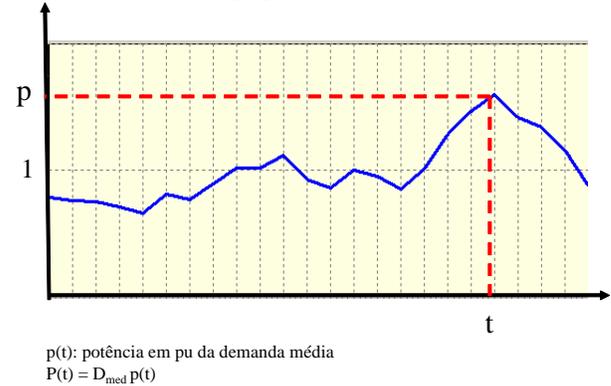


Fig. 8. Exemplo de curva típica de carga

E. Desenvolvimento do Modelo Proposto

O modelo proposto viabilizará o cálculo de fluxo de potência que será descrito através do método de aplicação matemática de Newton-Raphson, da análise de confiabilidade do sistema (DEC, FEC, END), fundamentado no método dos cortes mínimos, que analisa a possível falha de componentes desta rede e determina quais falhas ou combinações de falhas que poderão causar a interrupção dos caminhos entre fonte(s) e carga(s). O cálculo de curto-circuito na rede de alta tensão determinará as tensões nas barras da rede e as correntes nos demais trechos para um curto-circuito em um determinado ponto da rede.

Com tais modelos consegue-se avaliar o desempenho da rede atual ou vislumbrar seu funcionamento em certo período de estudo e pode-se também identificar partes do sistema que requerem obras de reforço durante o período de planejamento.

Com a possibilidade do conhecimento e da avaliação dos indicadores de confiabilidade da rede será possível também identificar e mensurar os benefícios técnicos de cada obra, possibilitando um critério de seleção e priorização mais otimizado e sintonizado com os objetivos de desenvolvimento/expansão do sistema de alta tensão.

F. Modelo de Evolução das Redes

Três tópicos são fundamentais no modelo de evolução e devem ser definidos em detalhe. O primeiro refere-se à proposição de obras para o atendimento dos critérios técnicos de nível de tensão e carregamento, entre outros. Neste tópico, será discorrido sobre os tipos de obra que serão passíveis de estudo no contexto do modelo de planejamento de redes de alta tensão da CELPE.

Depois da proposição das obras, o próximo passo é a

análise técnico-econômica de cada obra proposta. Para cada obra, deverão ser determinados seus benefícios técnicos e econômicos com a finalidade de permitir ao planejador a escolha da melhor obra baseado em critérios objetivos.

Finalmente, após determinar os benefícios técnicos e econômicos de cada obra, deve-se estabelecer um modelo de priorização e seleção das obras propostas que permita ao planejador escolher as obras de maior benefício/custo e que estejam dentro do orçamento da empresa.

Para se desenvolver um estudo de planejamento, deve-se primeiro realizar um diagnóstico do sistema de alta tensão. Um dos pontos que devem ser considerado nesse diagnóstico é a evolução da carga, ou seja, a empresa necessitará realizar estudos de projeção de demanda, de forma a analisar o crescimento da demanda que irá determinar as necessidades de reforços no sistema.

Assim sendo, de posse das informações do sistema de alta tensão em sua condição atual, o planejador deverá avaliar o desempenho técnico da rede em cada ano do período de planejamento, ou seja, deve-se avaliar como a rede atual irá evoluir com o aumento de carga projetada caso nenhuma obra seja realizada.

Certamente, com este tipo de análise, será possível identificar problemas de queda de tensão elevada e carregamento excessivo em determinados equipamentos e em alguns anos do período de estudo. De posse desse diagnóstico, deve-se propor obras para sanar as transgressões de critérios técnicos no momento em que estas são identificadas.

A proposição de obras produzirá melhorias nos índices de queda de tensão e carregamento, bem como reduzirá as perdas na rede. Tais melhorias constituem-se benefícios técnicos das alternativas, aos quais vinculam-se benefícios econômicos. Entretanto, para realizar tal análise, um dos principais insumos é o custo da obra.

Para utilizar os custos modulares, deve-se prever que cada obra poderá ser composta por vários equipamentos, cada um com seus custos individuais e respectivas quantidades.

Utilizando o conceito de custos modulares, o planejador poderá armazenar cada um dos equipamentos necessários para compor cada alternativa de reforço/ação com seus respectivos custos unitários. Depois, ao selecionar um determinado tipo de obra, ele poderá apontar o conjunto de equipamentos necessários e, assim, definir o custo total da alternativa analisada em função do conjunto selecionado.

G. Análise Técnico-Econômica das Obras Propostas

Depois de identificar as transgressões técnicas que o sistema de alta tensão possa apresentar com o crescimento da carga, e propor algumas obras para solucionar tais problemas, torna-se necessário definir qual o melhor plano de expansão a ser indicado, ou seja, quais obras possuem maior benefício frente ao seu custo total.

Para atingir tal objetivo, o primeiro passo é realizar uma análise técnico-econômica para cada alternativa de expansão. Cada obra, dependendo do seu ano de entrada, produzirá um benefício técnico e, conseqüentemente, um benefício

econômico. Além disso, cada obra possui um custo associado.

Os critérios técnicos cujos benefícios devem ser avaliados para cada obra são:

- Queda de tensão;
- Carregamento;
- Perdas;
- Energia não distribuída (END).

Para cada obra proposta, é possível avaliar o benefício técnico de queda de tensão, carregamento e perdas a partir de um novo cálculo de fluxo de potência, considerando cada obra separadamente. A END deverá ser avaliada a partir de cálculo de confiabilidade utilizando o método dos cortes mínimos e que permita auferir a melhoria relacionada à diminuição da duração e frequência das interrupções relativamente à configuração original do sistema.

Posteriormente, o benefício técnico calculado deverá ser traduzido para um benefício econômico, ou seja, deverá ser convertido para uma base monetária anual com a finalidade de compará-lo com o custo anualizado da obra.

H. Priorização e Seleção de Obras

A partir da análise do desempenho técnico do sistema de distribuição e correspondente determinação dos benefícios técnico e econômico vinculados ao conjunto de obras candidatas pré-estabelecido, pode-se proceder à priorização e seleção de obras.

O modelo proposto no presente trabalho compreende a análise de todas as obras propostas pelo planejador em cada ano de estudo com o objetivo de selecionar o melhor conjunto de obras ao longo dos anos. Para cada conjunto de obras selecionado, serão calculados alguns índices para que o planejador possa escolher sob o ponto de vista do melhor benefício/custo, porém, sem deixar de analisar o custo total da escolha feita, uma vez que restrições orçamentárias podem existir. A Figura 9 ilustra melhor o processo de priorização e seleção.

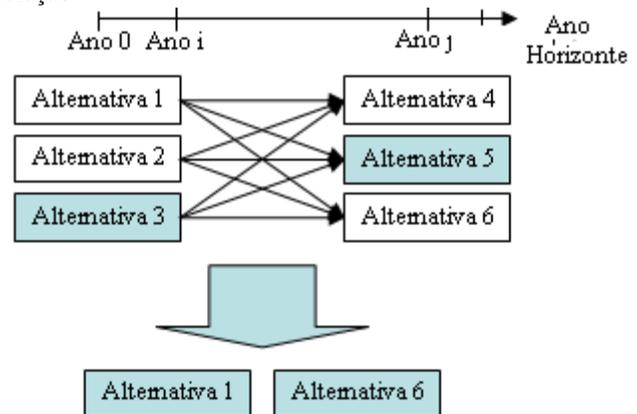


Fig. 9. Evolução da rede no período de estudo.

Cabe ressaltar que o processo de priorização e seleção de obras deve ser totalmente interativo. Na Figura 9, tem-se uma linha do tempo compreendendo o período de planejamento. Para cada ano do período de estudo é conhecida a carga, dado proveniente da projeção de carga.

No exemplo da Figura 9, os critérios técnicos de

planejamento da empresa passam a não ser atendidos a partir do ano i , ano em que o usuário deverá propor alguns reforços para resolver os problemas identificados no sistema de distribuição. No ano i da Figura 9, deverão ser propostas 3 alternativas, cada qual apresentando seus benefícios técnicos e respectivos custos. Cada alternativa deverá ser composta de um conjunto de obras. Por exemplo, a Alternativa 1 poderia ser composta pela troca de um transformador de subestação e o recondutoramento de uma linha. Já a Alternativa 2 poderia ser composta pela construção de uma nova linha. Resumindo, cada alternativa deverá ser composta por uma obra ou conjunto de obras que deverão ser propostas pelo planejador com o intuito de solucionar os problemas identificados naquele ano.

Após a proposição de obras para o ano i , pode-se competir e priorizar as alternativas propostas. Para cada alternativa, deve-se calcular os benefícios técnicos e econômicos, bem como os seguintes índices: relação benefício/custo, tempo de retorno, taxa interna de retorno e taxa de rentabilidade (relação benefício/custo no primeiro ano). No cálculo técnico-econômico, os benefícios e os custos deverão ser calculados a partir do ano de proposição até o horizonte de estudo. Em alguns casos, o cálculo deverá ser extrapolado para além do horizonte de estudo, como é o caso do tempo de retorno, por exemplo.

Na Figura 9, após a análise técnico-econômica das três alternativas, dos índices de cada uma e das restrições orçamentárias, o planejador decidiu-se pela Alternativa 3. A partir da solução escolhida, o planejador avançará no horizonte de estudo, verificando em qual ano novos problemas surgirão, sendo assim, possível para o planejador propor nova obras.

I. Conclusões

Estabelecer um plano de obras para que as restrições técnicas adequadas ao estudo do sistema em regime permanente não sejam transgredidas, de modo que todos os componentes da rede operem dentro dos limites técnicos admissíveis e todas as barras do sistema apresentem níveis de tensão apropriados, dado um volume orçamentário limitado, é uma tarefa complexa e onerosa. Sendo assim, a modelagem de planejamento desenvolvida neste trabalho visa auxiliar o planejador na elaboração de um plano de obras consistente e conferir agilidade ao processo de planejamento, à medida que introduz ferramentas de automatização.

Conclui-se que a Modelagem de Sistema de Apoio ao Planejamento viabilizará análises conjunturais envolvendo tratamentos dos volumes orçamentários plurianuais disponíveis, estabelecendo uma tomada de decisão fundamentada na escolha de reforços mais onerosos em cada ano de análise que viabilizem o atendimento dos critérios técnicos por um período de planejamento maior; ou escolha de reforços menos onerosos que melhor se adequam a disponibilidade de recursos para investimentos.

III. REFERÊNCIAS

- [1] Kagan, N., “Desenvolvimento de metodologia e modelos para o planejamento de sistemas de alta tensão”, Documento Técnico ENERQ - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
- [2] A Metaheuristic Approach to Evaluate Long Term Marginal Prices and the Impact of Uncertainties and Regulatory Decisions – M.T. Ponce de leão, J.T. Saraiva 2000.
- [3] Amêndola, A. G., Rocha, M. C. - “Sistema SERDIS: Uma Nova Concepção no Planejamento Otimizado de Investimentos em Redes de Distribuição”. III CONLADIS – Congresso Latino Americano de Distribuição, São Paulo, Brasil, 1998.
- [4] Marcos Roberto Gouvêa: “Bases conceituais para o planejamento de investimentos em sistemas de distribuição de energia elétrica”; tese doutorado, 1993.
- [5] Jun Xiao; Bo Wang; Cheng-shan Wang; Feng-qing Jiang; Fang-di Shi; “A comprehensive platform for high-voltage and middle-voltage urban distribution system planning.” Electricity Distribution, 2008. CIGRE 2008.
- [6] Kagan, N. ; Oliveira, C C B ; Guaraldo, J. C. ; Hage, F. S. E. ; Meffe, A. ; M Filho, M. . INTERPLAN - A Tool for Planning High, Medium and Low Voltage Networks. In: IEEE/PES T&D 2004 - Transmission and Distribution, 2004, São Paulo.

IV. BIOGRAFIA



Aldenisa Santos nasceu em Fortaleza, no dia 03 de outubro de 1963, graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade de Pernambuco, tem MBA em Gerência de Negócios pela Fundação Getúlio Vargas e atualmente cursa mestrado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Itajubá, com ênfase na área de planejamento elétrico. Engenheira de Planejamento de Sistemas Elétricos da Companhia Energética de Pernambuco. Atualmente seus interesses de pesquisa incluem planejamento da expansão da transmissão, modelo para cálculo dos custos marginais de expansão nos sistemas de transmissão e análise de critérios para conexão de centrais geradoras eólicas às redes de distribuição. Possui publicações na área de avaliação da degradação da vida útil de isoladores poliméricos e em conjunto com a Universidade Federal de Pernambuco publicou pesquisa sobre análise da correção dos limites de carregamento das linhas de transmissão da CELPE.