

# Modelagem e Previsão de Distorções Harmônicas de Tensão Provocadas por Cargas Não-Lineares em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica

A.A.C.Figueiredo-Enersul      M.A.S.Ferreira-Enersul      C.A.Canessin-Unesp  
 J.C.Rossi -Unesp      L.C.O. de Oliveira-Unesp      F.T.Wakabayashi-Unesp      R.A.N. de Oliveira-Unesp

**Resumo**-Este trabalho apresenta os resultados de um aplicativo para a representação de ramais (secundário e primário) do circuito de distribuição, permitindo sua análise através de plataforma de simulação no domínio do tempo, determinando-se as distorções harmônicas das tensões nos diferentes pontos deste sistema, devido à presença de cargas não lineares. Um Banco de Dados de cargas não lineares foi implementado, através de ensaios experimentais, o qual será manipulado pelo aplicativo para a composição do carregamento de cada ramal. Os modelos destas cargas baseiam-se na composição de Fontes de Correntes Harmônicas, de acordo com sua representação através do Modelo de Norton, considerando-se a representação trifásica a quatro fios para os ramais secundários. Foi desenvolvida uma plataforma computacional para compartilhar o banco de dados gerado. Este banco poderá ser atualizado, possibilitando, através dos resultados da simulação no tempo, a identificação dos piores cenários, com ênfase para as distorções harmônicas das tensões.

**Palavras-chave** — Cargas Não-Lineares, Distorções Harmônicas, Fluxo Harmônico e Qualidade da Energia Elétrica.

## I. INTRODUÇÃO

Têm-se observado nas últimas décadas uma crescente utilização de cargas não-lineares em todos os setores de distribuição de energia elétrica (residenciais, comerciais e industriais). Tal fato se deve à notável evolução da eletrônica de potência e conseqüentemente a viabilização de novos dispositivos mais flexíveis, compactos e eficientes. Por outro lado, torna-se importante observar que, um dos principais inconvenientes destes dispositivos, operando em conexão com a rede de corrente alternada, é a distorção harmônica presente na corrente drenada do sistema de alimentação em CA.

Uma das formas usuais de conexão destas cargas com o sistema de alimentação em corrente alternada é propiciada por um retificador em ponte completa ou mista (diodos e tiristores), tanto para a configuração monofásica, quanto

para a trifásica (adicionalmente, podem ser considerados os retificadores PWM convencionais à transistores, gradadores, etc...). Estas estruturas retificadoras apresentam, tipicamente, elevado volume de filtro capacitivo que drenam uma corrente com substancial conteúdo harmônico, e, em conseqüência, provocam nos ramais de distribuição o aumento da distorção harmônica da tensão ao longo do alimentador. As conseqüências provocadas pela distorção harmônica na tensão de alimentação e reduzido fator de potência destas cargas, tem sido objeto de inúmeras publicações onde ficam evidentes os prejuízos causados tanto para as concessionárias quanto para os consumidores. Logo se torna necessário o conhecimento e controle deste conteúdo harmônico de corrente nos sistemas de distribuição [1 a 4].

Outro significativo problema, que demanda uma atenção especial, por parte da área de estudo das concessionárias, é a entrada de cargas não-lineares em circuitos residenciais e comerciais, as quais provocam altos níveis de flicker (variações severas nos valores eficazes da tensão de alimentação em baixas frequências), como por exemplo: máquinas de solda, máquinas de serralharia e similares. Neste sentido é indispensável que sejam desenvolvidos estudos para prever o impacto do uso intensivo destas cargas não-lineares na qualidade da tensão ao longo dos ramais de distribuição.

Portanto, torna-se necessário e indispensável às empresas de distribuição o desenvolvimento de ferramentas computacionais específicas para o tratamento e análise destes problemas, e antecipar as ações que visem à minimização do impacto previsto.

## II. DISTORÇÕES HARMÔNICAS: MEDIÇÕES EM RAMAIS E MODELAGENS DE CARGAS NÃO-LINEARES

### A Medições em Campo

A validade e a utilização do aplicativo proposto, neste projeto de pesquisa, pelas concessionárias de energia elétrica em seus setores de planejamento e operação, pode ser comprovado quando são realizadas medições de tensões e correntes em redes ou ramais secundários que concentram diferentes tipos de cargas não lineares ou eletrônicas.

Para comprovar a afirmação acima, foi selecionado entre os diversos alimentadores e ramais do sistema de distribuição da Enersul, um ramal com características de cargas for-

### Agradecimentos:

Enersul - Energias do Brasil pelo apoio e suporte financeiro do trabalho.  
 Fundação - FEPISA pelo suporte administrativo.  
 A A.C.Figueiredo - Gerente do Projeto- trabalha na Enersul - Energias do Brasil (e-mail: alfredo@notes.escelsa.com.br).  
 C.A.Canessin - Coordenador do Projeto- trabalha na FEIS/UNESP - Ilha Solteira - SP (e-mail: canessin@dee.feis.unesp.br).

temente não lineares (Ramal da Unidade Transformadora 8982), conforme Figura 1.

Inicialmente foi feito um levantamento do perfil dos consumidores e das cargas instaladas neste alimentador. Em seguida foram realizadas medições simultâneas e sincronizadas nos pontos denominados de 00, 01 e 02, como indicados no diagrama da figura 1.

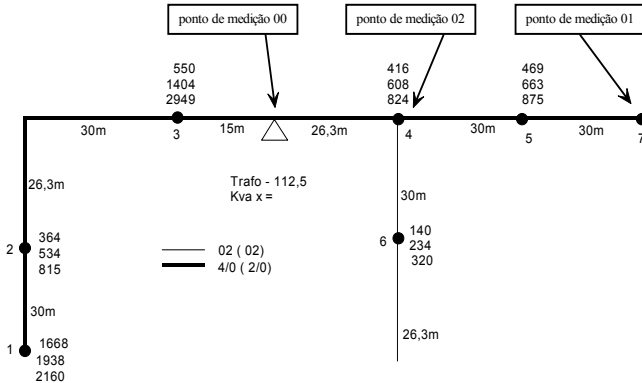


Figura 1. Ramal da Unidade Transformadora 8982 – Exemplo de Caso.

As formas de onda das tensões fase-neutro e as correspondentes correntes nas fases no ponto de medição 02, foram obtidas através de um equipamento de aquisição de dados denominado de WaveBook/516 da marca iOtech. O comportamento destas grandezas são mostrados nos gráficos da Figura 2.

Em uma análise da forma de onda da corrente da fase C, conclui-se que, de forma predominante, a mesma é resultante de uma carga fortemente não linear e capacitiva, tipicamente presente em fontes de alimentação de equipamentos de informática.

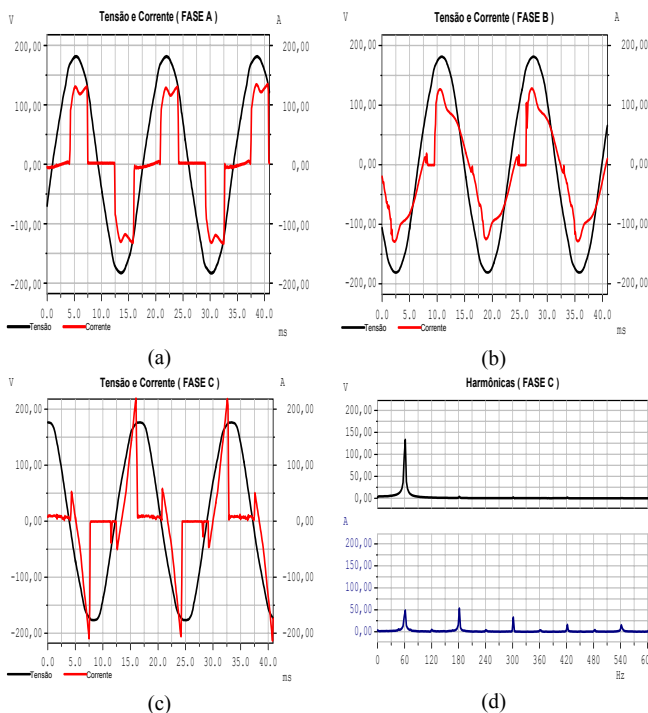


Figura 2. Formas de Ondas de Tensões Fase-Neutro e Correntes(a,b,c) e Espectros Harmônicos da Tensão Fase C-Neutro e Corrente, Ponto de Medição 02.

## B. Modelagem das Cargas

As cargas são modeladas a partir da forma de onda da corrente drenada pelas mesmas, obtidas através de ensaios experimentais, considerando-se um sistema de alimentação praticamente senoidal (fontes de alimentação California Instruments utilizadas para a obtenção do Banco de Dados de Cargas). A forma de onda da corrente é então decomposta, obtendo-se o espectro harmônico da forma de onda original.

Assim, as cargas não lineares são substituídas por fontes de correntes em paralelo, onde cada fonte de corrente representa uma ordem harmônica do espectro da corrente drenada, contendo amplitudes e defasagens correspondentes, inclusive para a componente fundamental. Conforme análise já apresentada, a restrição desta modelagem para as cargas se encontra no fato de que sua aplicação é somente válida para sistemas onde as distorções harmônicas das tensões são inferiores a 10%. A partir deste índice, os espectros das correntes drenadas pelas cargas se alteram, sendo então necessárias alterações nestas fontes de corrente. O modelo de Norton para as cargas monofásicas é apresentado na figura 3 e sua associação trifásica em Y é representada através da figura 4.  $V_r$ ,  $V_s$ ,  $V_t$  e  $V_n$  são fontes cc auxiliares de tensão, declaradas com 0 V, para que possam ser usadas como sensores de corrente através da carga [5].

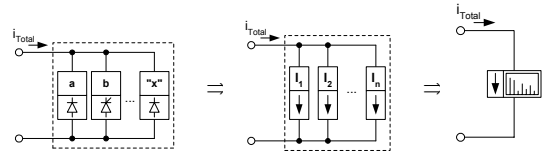


Figura 3– Representação das cargas monofásicas não lineares no secundário.

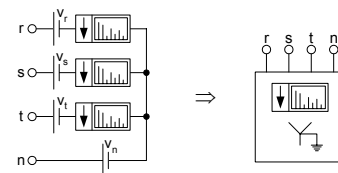


Figura 4 – Representação das cargas trifásicas não lineares no secundário.

## C. Simulação no Domínio do Tempo

A representação adotada para os ramais de distribuição e alimentador é o trifilar.

Neste contexto, a primeira exigência a ser realizada no modelo do sistema de distribuição reside na reprodução dos efeitos da conexão de cargas desequilibradas conectadas aos lados secundários dos transformadores. Para tanto, duas medidas devem ser admitidas [5 a 8]:

(a) A adoção de uma representação das linhas de distribuição com todos os seus condutores (3 condutores para o lado primário dos transformadores e 4 condutores para o lado secundário);

(b) A proposição de um modelo de representação do transformador trifásico, com conexões para 3 condutores do lado primário e 4 condutores do lado secundário, permitindo

a avaliação dos fluxos desequilibrados das correntes através das fases de alimentação.

Em relação à proposição do modelo de transformador trifásico, destaca-se que o mesmo deverá incorporar adequadamente os efeitos relacionados com as perdas no cobre e no ferro, com a reatância de dispersão, com as não-linearidades da curva  $B \times H$  e com o tipo de conexão adotado (conexão  $\Delta$ -Y aterrado), [6].

Uma consideração importante a ser desenvolvida está relacionada com a forma como as cargas serão “declaradas” no modelo do sistema de distribuição a ser simulado no PSpice. Em outras palavras, é importante definir corretamente uma estratégia de “posicionamento” das cargas, com o objetivo de se determinar o valor da impedância da linha entre a saída do lado secundário do transformador e o conjunto de cargas.

Em vista das dificuldades encontradas para a implementação do modelo “tradicional” de transformador trifásico, surgiu então a idéia, proposta neste trabalho, de se implementar um modelo de transformador baseado em fontes de tensão e corrente controladas, disponibilizadas como dispositivos pelo próprio Pspice, conforme Figura 5 a,b,c,d.

Onde:

E: Fonte de tensão controlada por tensão;

F: Fonte de corrente controlada por corrente.

Observa-se que o modelo proposto na Figura 5 representa de forma elétrica completa o transformador trifásico. Observa-se ainda que as características magnéticas e perdas associadas às unidades transformadoras estão sendo implementadas neste modelo proposto, englobando-se as principais características necessárias à correta avaliação de carregamento não linear.

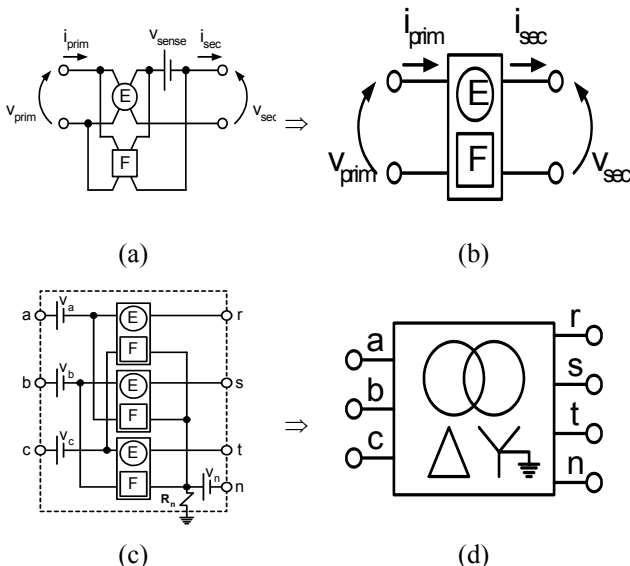


Figura 5. Modelo proposto de transformador trifásico.

Na Figura 6 apresenta-se o diagrama esquemático simplificado para simulação do modelo proposto de transformador trifásico.

Várias simulações foram realizadas no sentido de comparar o desempenho do modelo em relação a resultados teóricos. A título de exemplo apresenta-se um dos resultados obtidos onde se adotou um carregamento qualquer no secundário do transformador e em seguida foram obtidas as

correntes primárias através da composição teórica das componentes harmônicas e através do modelo proposto.

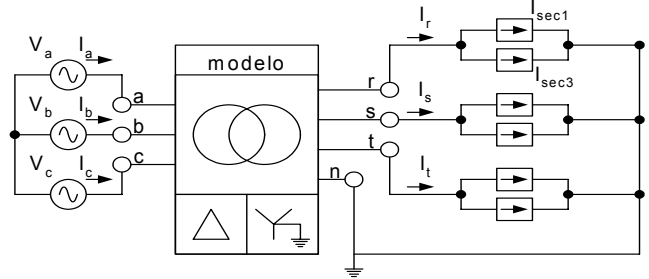


Figura 6. Diagrama esquemático simplificado para simulação do modelo proposto de transformador trifásico.

Nos resultados apresentados a seguir, a relação de transformação é assumida como sendo unitária. Além disso, admite-se que as unidades de tensão e corrente são fornecidas em valores p.u. (por unidade). A carga escolhida para ser conectada ao modelo é composta por retificadores monofásicos convencionais, sendo que suas componentes harmônicas são definidas de acordo com a Tabela I.

TABELA I  
HARMÔNICAS TÍPICAS DE UM RETIFICADOR MONOFÁSICO

Componente Harmônica	Magnitude (*)	Defasagem Angular [°]
1	100%	-27,2
3	75%	121,6
5	47%	-78,2
7	36%	67,2
9	31%	-135,5
11	19%	17,8

(\*) valor normalizado em relação à componente fundamental

Os resultados de simulação do PSpice são apresentados na Figura 7, considerando-se a presença de uma carga não-linear plenamente equilibrada. As fontes de corrente que descrevem as cargas conectadas a cada uma das fases do modelo de transformador ilustrado na Figura 6, são apresentadas na Tabela II.

TABELA II  
FONTES DE CORRENTE CONECTADAS NO SECUNDÁRIO

Fase	Componente Harmônica	Magnitude [p.u.] (*)	Defasagem Angular [°]
r	1	0,500 (100%)	-27,2
	3	0,375 (75%)	121,6
	5	0,235 (47%)	-78,2
	7	0,180 (36%)	67,2
	9	0,155 (31%)	-135,5
s	11	0,095 (19%)	17,8
			Defasagem de 120° em relação à fase r
T			Defasagem de 240° em relação à fase r

(\*) o valor normalizado em relação à componente fundamental

Na Tabela III são apresentadas as componentes harmônicas das correntes de linha no primário do transformador, fornecidos pelo PSpice.

Dos resultados apresentados na Figura 7 e na Tabela III, observa-se com clareza a propriedade de confinamento das *triplens* das correntes de linha processadas no secundário do transformador. Além disso, é interessante verificar que as proporções (valores em porcentagem) das componentes harmônicas de 5<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> ordens são preservadas, fazendo

com que o modelo do transformador seja “transparente” para estas ordens harmônicas, como era de se esperar.

TABELA III  
HARMÔNICAS DAS CORRENTES NO PRIMÁRIO

Fase	Componente Harmônica	Magnitude [p.u.] (*)	Defasagem Angular [°]
a	1	0,866 (100%)	2,8
	3	0,000 (0%)	-
	5	0,407 (47%)	-108,3
	7	0,312 (36%)	97,0
	9	0,000 (0%)	-
	11	0,164 (19%)	-12,5
b	Idem à fase a	Idem à fase a	Defasagem de 120° em relação à fase a
c	Idem à fase a	Idem à fase a	Defasagem de 240° em relação à fase a

(\*) valor normalizado em relação à componente fundamental

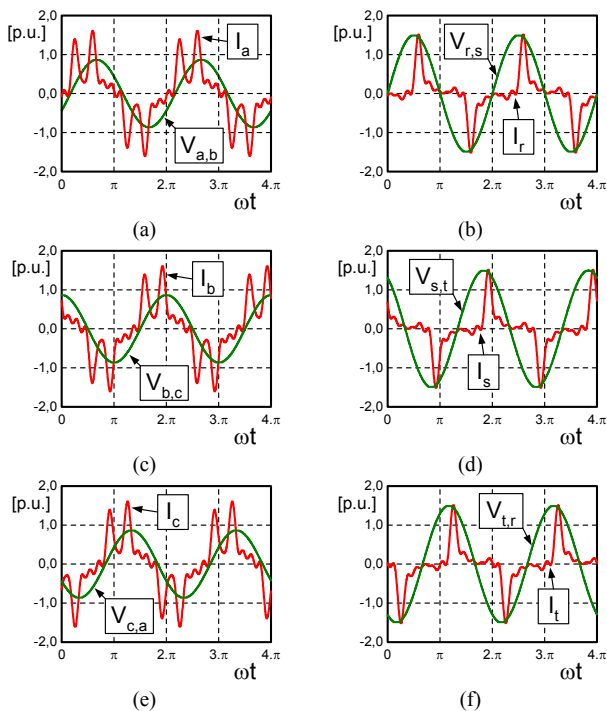


Figura 7. Resultados de simulação com carga não-linear equilibrada.

### III. APLICATIVO COMPUTACIONAL

Como resultado final deste trabalho, a partir dos modelos e definições adotados e citados acima, foi desenvolvido um aplicativo na plataforma Delphi para representação de ramos do circuito de distribuição (rede secundária e primária), permitindo suas análises através de plataforma de simulação no domínio do tempo utilizando o software Pspice, [5 a 8]. Este aplicativo permite determinar as distorções harmônicas das tensões nos diferentes pontos deste sistema, considerando-se a forte presença de cargas não lineares.

Apresenta-se a seguir uma descrição sucinta das principais funcionalidades incorporadas ao aplicativo desenvolvido.

#### A - Composição da Rede

O aplicativo desenvolvido disponibiliza ao usuário algumas ferramentas de auxílio na implementação das redes elétricas a serem analisadas. No menu "arquivo" seleciona-se a opção condutores. Esta opção permite o cadastramento

dos condutores que compõem uma determinada rede, primária ou secundária. Os dados pertinentes ao cadastro se restringem a Resistência (ohms/km) e a Reatância (ohms/km) do condutor e serão utilizados na simulação das redes.

Ao selecionar o aplicativo Redes menu suspenso, fica habilitado o recurso para composição e cadastro das redes, Figura 8.

Figura 8. Aplicativo de Cadastro de Redes de Distribuição.

Neste aplicativo, serão incluídos os dados para determinar a configuração de uma rede de distribuição específica. É necessário informar dados como: os atributos da rede, os parâmetros das barras primárias, os parâmetros dos trechos entre barras primárias, os parâmetros das barras secundárias e os parâmetros dos trechos entre as barras secundárias.

Os principais atributos das redes são: nome da rede a ser cadastrada, as bases de potência e tensão. Deverá ser atribuída uma seqüência lógica de nomenclatura para as barras e transformadores da rede.

Quando há um transformador em uma barra, é aberta uma janela para inserção de dados sobre o mesmo. Quando a carga conectada é linear e equilibrada, juntamente com a potência, informa-se apenas o consumo kWh/mês, Figura 9(a). Quando se deseja detalhar a rede secundária derivada deste transformador deve ser informado o valor da sua reatância de dispersão. Este procedimento sinaliza a presença de uma rede secundária a ser configurada oportunamente, Figura 9(b).

(a) (b)

Figura 9. Entrada de dados de transformadores.

Para a visualização das redes primária e secundária cadastradas no sistema, o aplicativo possui uma janela gráfica. Caso se deseje apenas visualizar os dados de atributos da rede basta selecioná-la no campo “Nome da Rede”. A visualização dos atributos dos Postos de Transformação da rede é

obtida mediante o posicionamento do mouse sobre a tabela “Parâmetros das Barras”, no Frame “Formação da Rede Primária”, conforme Figura 10. Para visualizar a Rede Primária basta clicar no botão “Primária”.

Para visualizar as redes secundárias basta acionar a opção “Secundária”.

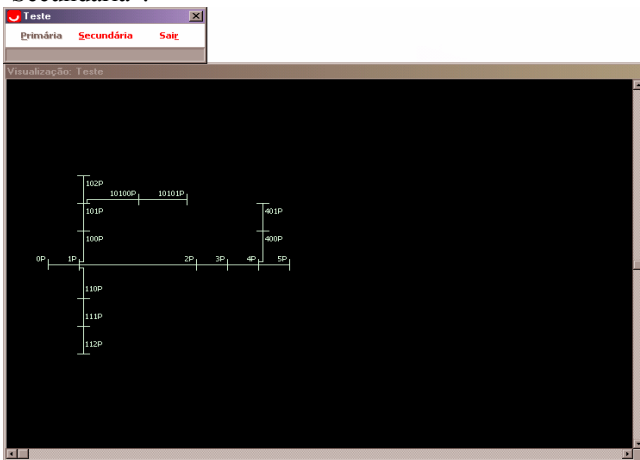


Figura 10. Visualização da Rede Primária.

### B - Composição das Cargas

Para a visualização das cargas cadastradas, entrar na opção “Concentração de Cargas”, no menu “Arquivo”. Ao selecionar uma determinada carga na listagem do Banco de Dados (Cargas), o usuário poderá observar os dados relacionados a esta carga, ou seja, as componentes harmônicas da corrente, sua forma de onda no domínio do tempo e o respectivo espectro harmônico.

A Figura 11 apresenta a composição de cargas (pontos de concentração) e o cadastro de novas cargas.

Para a adição de uma nova carga, deve-se acionar o botão “Adicionar” no frame “Cargas”. A Tabela de Espectro Harmônico da Corrente será habilitada para edição e inserção desta nova carga.

Uma rede ou um ramal de distribuição, a ser analisado, com cargas distribuídas, poderá ser reduzido, ou seja, concentrar as cargas em determinados pontos ou barras.

Esta concentração de cargas (lineares e não-lineares) é representada como fontes de corrente equivalentes, considerando-se um sistema a quatro fios, conforme apresentado no Seção II.B.

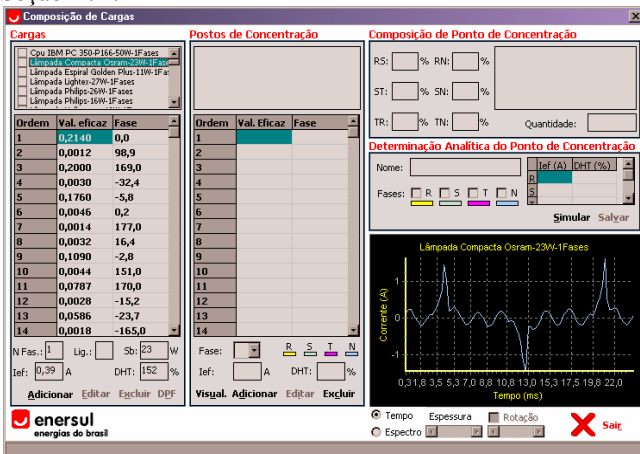


Figura 11. Visualização do banco de cargas não lineares.

A composição de um ponto de concentração é feita a partir da disposição adequada das cargas selecionadas entre as fases R, S, T e o condutor neutro (N).

Considerando-se um ponto de concentração genérico, contendo cargas monofásicas, bifásicas e trifásicas, pode-se detalhar sua composição a partir do arranjo apresentado na Figura 12, [ 7]. Nesta figura, T1 representa a carga total instalada entre as linhas R e S, T2 à carga total entre as linhas S e T, representadas como fontes de corrente.

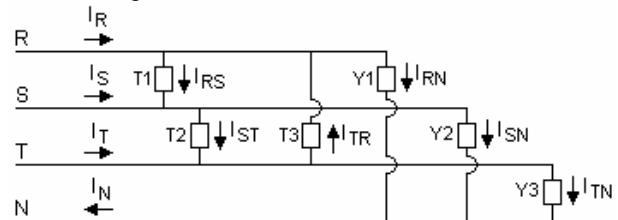


Figura 12. Arranjo para um Ponto de Concentração de Cargas.

O aplicativo de Cadastro de Pontos de Concentração está disponível na opção “Concentração de Cargas”, no menu “Arquivo”.

Uma vez selecionadas todas as cargas no ponto de concentração desejado, o passo seguinte é a indicação da quantidade destas cargas e como as mesmas estão distribuídas entre as fases. A Figura 13 ilustra o procedimento descrito.

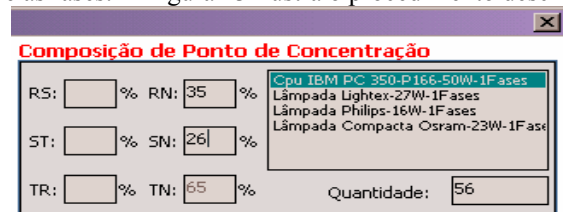


Figura 13. Especificação de quantidade e distribuição.

Definidas as quantidades, as formas e os percentuais das cargas no sistema, torna-se possível a composição final da carga equivalente total do ponto de concentração. Ao comando “Simular”, o aplicativo apresenta uma tabela com os as correntes de linha resultantes, além de habilitar o botão “Salvar”, conforme Figura 14.

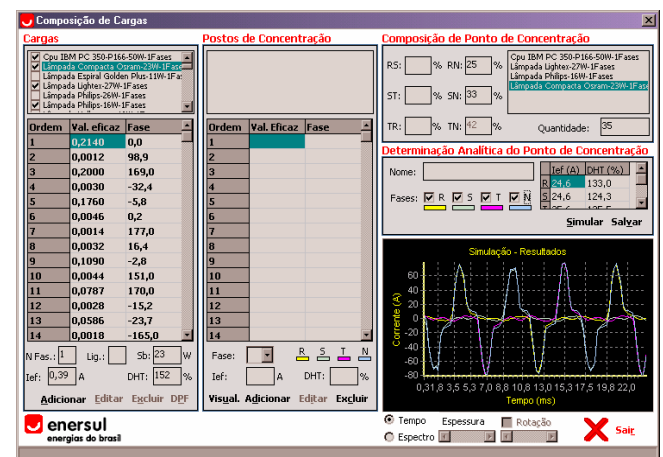


Figura 14. Apresentação dos resultados da simulação.

### C – Configuração das Redes

Após o cadastro da rede é necessário efetuar a sua configuração para que a mesma seja corretamente simulada. Este procedimento reúne operações que transformam os pontos

de consumo primários lineares em cargas RL e reduzem a rede cadastrada, de modo a otimizar o tempo e a precisão da simulação. Para acessar o aplicativo, deve-se acionar a opção “Configuração de Rede” no menu “Aplicações”.

Para a transformação, no campo “Pontos de Consumo na Rede Primária”, deve-se estimar o Fator de Potência (FP) e o Fator de Carga (FC) de cada ponto de consumo. A partir destas grandezas, o aplicativo calcula as potências aparentes, as resistências e indutâncias equivalentes, tomando-se por base os carregamentos mensais (kWh/mês) informados anteriormente. A Figura 15 ilustra a tela ativada pelo aplicativo para realização do procedimento descrito.

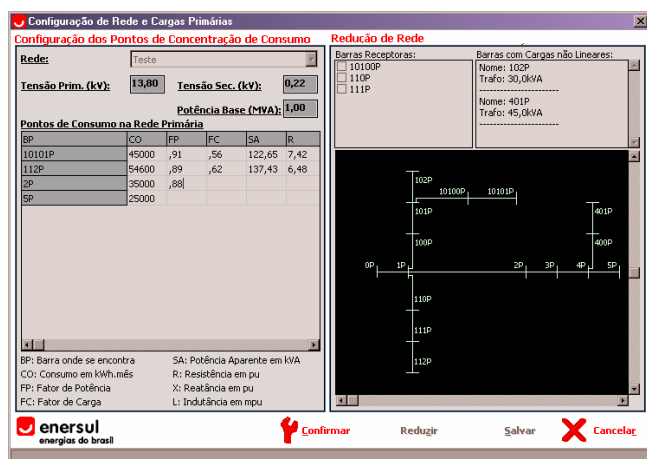


Figura 15. Configuração dos pontos de consumo.

Encontram-se também disponíveis no aplicativo funções específicas para redução e simplificação das redes, através da concentração de cargas. Este procedimento pode ser aplicado quando se deseja realizar estudos simplificados em redes muito extensas, descartar ramificações ou mesmo reconfigurar a rede pressupondo possíveis atividades de manobra. A Figura 16 ilustra a tela do aplicativo durante a realização do procedimento de redução de rede onde os ramos destacados serão concentrados nos seus respectivos pontos de conexão.

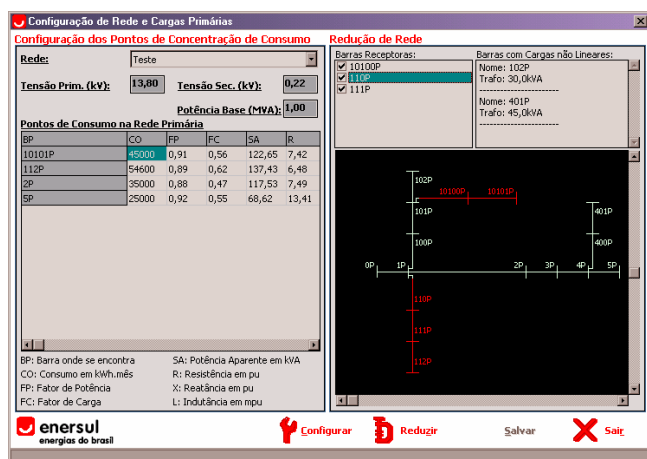


Figura 16. Redução da Rede

## D – Simulação

Esta é a principal funcionalidade do aplicativo desenvolvido. Realiza a simulação digital no domínio do tempo de

uma rede selecionada utilizando-se o Pspice como plataforma [5].

A execução do processo de simulação depende naturalmente dos dados fornecidos em aplicativos anteriores, tais como cadastros de Redes e Pontos de Concentração. Esses dados constituirão um arquivo que se encarrega de transferir as informações contidas no banco de dados do SysQuali 1.00 para o PSpice. Logo após a simulação da rede proposta, é criado um arquivo de transferência para que o SysQuali 1.00 possa exibir os dados obtidos na simulação no ambiente PSpice [8].

Ao clicar na opção “Simulação de Rede”, será aberto o “Frame” do aplicativo de simulação, conforme Figura 17.

A configuração final da Rede a ser simulada, incluindo-se a análise detalhada da rede secundária, exigirá ainda a associação entre as barras desta rede, com os Pontos de Concentração criados no aplicativo “Concentração de Cargas”.

Desta forma, ao se selecionar uma determinada rede no campo “Rede”, todas as informações de configuração desta rede serão apresentadas, conforme exemplo da Figura 17. Na lista “Barras Secundárias”, no Frame “Associação de Pontos de Concentração Secundários”, estarão todas as barras criadas nas redes secundárias. Ainda, neste mesmo Frame, é apresentada a relação de cargas concentradas criadas anteriormente.

A associação de uma ou mais cargas concentradas, com alguma barra da rede secundária, é realizada selecionando-se a barra desejada com o botão “Seleção de Cargas” e confirmando-se posteriormente a ação. A Figura 17 ilustra a tela relacionada com o procedimento descrito.

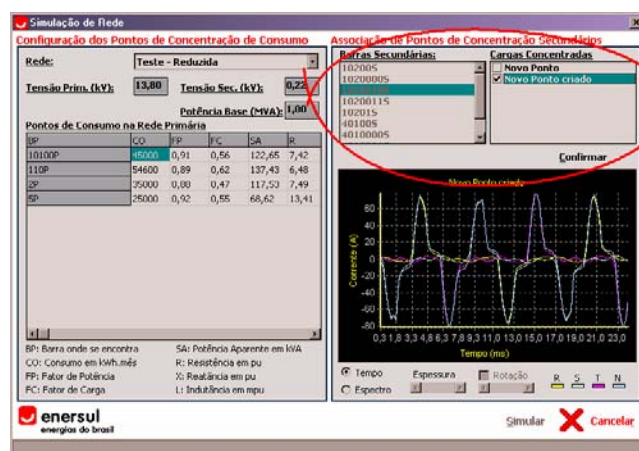


Figura 17. Ferramenta de alocação de cargas concentradas.

Uma vez realizada a alocação de cargas concentradas o processo de simulação pode ser efetivamente iniciado através do botão “Simular”. Nesta etapa o SysQuali 1.00 atua a interface com o PSpice e recupera os resultados gerados pelo mesmo ao final da simulação.

A apresentação dos resultados é realizada selecionando-se na lista de variáveis disponíveis as grandezas a serem exibidas.

É possível a visualização simultânea de correntes e tensões em diferentes pontos e elementos da rede em análise, permitindo a análise global de todas as distorções. A Figura 18 ilustra a tela de apresentação de resultados.

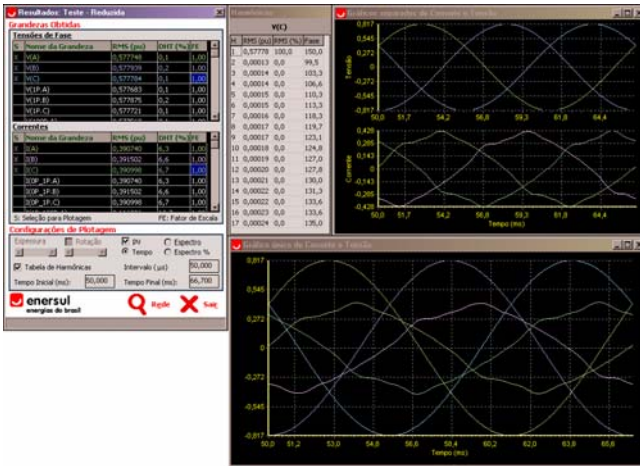


Figura 18. Apresentação gráfica dos resultados.

#### IV. CONCLUSÕES

O projeto de pesquisa de “Modelagem, Simulação e Previsão de Distorções Harmônicas de Tensões Provocadas por Cargas Não-Lineares em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica”, foi desenvolvido e concluído, com resultados consistentes e muito além das expectativas, uma vez que foi desenvolvida uma ferramenta de análise de penetração harmônica trifásica em sistemas de distribuição de energia elétrica, no domínio do tempo, permitindo ampla análise de distorções harmônicas de tensões, em quaisquer pontos de interesse, e, de correntes, em quaisquer segmentos ou ramos do circuito em análise.

Com este projeto identificou-se oportunidade para projetos futuros: Desenvolvimento de uma Interface de Entrada de Dados, permitindo a entrada de dados automática do sistema de redes da concessionária; Desenvolvimento de uma Interface de Saída de Resultados para Relatório Impresso; Aprimoramento da modelagem de Cargas Não Lineares; Desenvolvimento de um Aplicativo de Dados de Curvas de Demandas de Consumidores de BT, com respectivo perfil de cargas não lineares; Implementação de modelos de elementos de proteção, manobra e compensação.

#### V. REFERÊNCIAS

- [1] Brownfield, G.; Wang, Y.; O’Connell R.M. " Modeling and Prediction of Distribution System Voltage Distortion Caused by Nonlinear Residential Load" - IEEE Transactions on Power Delivery, vol16, número 4, outubro 2001;
- [2] S. M. Williams, G. T. Brownfield, and J. W. Duffus, "Harmonic propagation on an electric distribution system: Field measurements compared with computer simulation", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, no. 2, pp. 547-552, April 1993.
- [3] De Oliveira, L.C.O.; De Melo, G.A; Rossi, J.C.; Scucuglia, J.W.; Dantas, F.D.; Penna C.; Ajeje P.C - "Efficiency Programs and Power Quality - 10a ICHPQ - Conferência Internacional sobre Harmônicas e Qualidade da energia Elétrica - Rio de Janeiro, outubro 2002;
- [4] De Oliveira, L.C.O.; De Melo, G.A; Rossi, J.C.; Scucuglia, J.W.; Dantas, F.D.; Penna C.; Ajeje P.C - "O Impacto dos Programas de Eficiência Energética na Qualidade da Energia Elétrica -1o CITENEL - Congresso

De Inovação Tecnológica Em Energia Elétrica - Brasília, novembro 2001;

- [5] Figueiredo, A.; Canesin C.A.; De Oliveira, L.C.O.; Wakabayashi, F; Rossi, J.C.; Ferreira, M.S; De Oliveira, R.N - “ *Relatórios Técnicos do Projeto de P&D* ” - Ciclos 2002/2003 e 2003/2004.”
- [6] Figueiredo, A.; Canesin C.A.; De Oliveira, L.C.O.; Wakabayashi, F; Rossi, J.C.; Ferreira, M.S; De Oliveira, R.N.- “ *Model of D/Y Three-Phase Distribution Transformer Suitable For Simulation in Spice And Analyses of Harmonic Currents, Considering Unbalanced Non-Linear Loads* ” – 2004/IEEE/IAS - VI International Conference on Industry Application, Joinville, Santa Catarina, 2004.
- [7] Figueiredo, A.; Canesin C.A.; De Oliveira, L.C.O.; Wakabayashi, F; Rossi, J.C.; Ferreira, M.S; De Oliveira, R.N.- “ *Modelagem e Previsão de Distorções Harmônicas de Tensão Provocadas por cargas Não – Lineares em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica* ” – Seminário Técnico - Enersul 2004, Campo Grande MS, 2004.
- [8] Figueiredo, A.; Canesin C.A.; De Oliveira, L.C.O.; Wakabayashi, F; Rossi, J.C.; Ferreira, M.S; De Oliveira, R.N.- “ *Simulation Of Three-phase Distribution Systems With Unbalanced Nonlinear Loads, Using Pspice* ” – Anais do 8 COBEP - Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência , Recife, Pernambuco, 2005.