

Proposta de Modelo para Representação de Arborescências e Avaliação do Nível de Degradação de Cabos Isolados por Meio da Análise da Corrente de Fuga.

F. N. Lima, MSc, J. C. Oliveira, PhD, D. A. Andrade PhD, R. M. T. Silva, A. P. Finazzi, MSc

Resumo - Este artigo tem por objetivo apresentar, com base na análise da curva característica *V-I* de um diodo semicondutor, uma proposta de modelo para a representação do fenômeno de arborescências, o qual se constitui numa das principais causas da degradação de cabos elétricos XLPE utilizados em sistemas de distribuição de Energia Elétrica. O modelo possibilita determinar indicadores que expressam o nível de arborescência presente num determinado cabo via: distorção harmônica presente na corrente de fuga, potência dissipada na isolação e ângulo de perdas dielétricas. A validação do modelo é feita comparando os resultados das simulações com medições da corrente de fuga encontradas na literatura e que expressam o desempenho experimental de amostras degradadas de cabos XLPE. O trabalho apresenta, pois, resultados iniciais obtidos no sentido do estabelecimento de uma estratégia metodológica para diagnóstico do estado operacional da isolação de cabos elétricos.

Palavras-chaves - Cabos Elétricos, arborescências, corrente de fuga, degradação, diagnóstico.

I. INTRODUÇÃO

Os cabos isolados em polietileno em sua forma reticulada (XLPE) são largamente utilizados em redes subterrâneas de distribuição de energia elétrica. Esse material apresenta excelentes propriedades físicas e químicas, dentre elas: baixa constante dielétrica e baixo fator de perdas. Todavia, quando submetido a uso continuado em ambientes úmidos, sabe-se que tais componentes podem sofrer um processo de

degradação das suas propriedades isolantes, podendo chegar, até mesmo, a uma ruptura dielétrica prematura dos cabos.

Pesquisas científicas enfocando a busca de estratégias de diagnósticos do estado operacional de cabos elétricos têm merecido a atenção de pesquisadores e várias proposições podem ser encontradas na literatura especializada. Alguns desses métodos requerem que o cabo esteja sem carregamento e desenergizado, como é o caso do método da corrente contínua de fuga CC e do método da medição da tensão residual. O diagnóstico “on-line” pode ser realizado por meio do método do fator de dissipação do dielétrico, método da componente contínua da corrente alternada de fuga e método da medição da distorção da corrente de fuga. A referência [1] apresenta uma síntese desses métodos destacando as vantagens e desvantagens de cada um deles.

Voltando as atenções para as causas físicas que conduzem às perdas das características idealizadas para um material isolante, ressaltam-se as arborescências ou *water trees* como uma das mais importantes fontes de degradação em materiais poliméricos. Alguns trabalhos científicos [2], [3] comprovam que há uma correlação entre a manifestação das arborescências e a existência de correntes de fuga com expressivo conteúdo harmônico, mesmo sob a ação de uma tensão senoidal.

Objetivando, pois atingir um processo sistematizado que conduza a avaliação “on-line” da situação operacional dos cabos, via indicadores de estado, o assunto passa, necessariamente, pelo domínio do tema em foco, ou seja, do conhecimento, domínio e modelagem do fenômeno sob enfoque e respectiva modelagem. De fato, diversos estudos investigativos sobre o fenômeno da arborescência almejam como aplicação final, atingir uma metodologia através da qual será possível o estabelecimento de medidas práticas para se evitar, preventivamente, os impactos decorrentes de interrupções intempestivas do suprimento elétrico.

Isso posto, destaca-se que o presente artigo está inserido dentro do contexto da modelagem do fenômeno da arborescência, reconhecendo suas características não lineares e, focando, como meta, a extração de informações relevantes ao conhecimento do estado operacional de um determinado cabo isolado estando o mesmo em operação.

F. N. Lima, Universidade Federal de Mato Grosso, 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil, xx – 65-615-8706. E-mail: fernandn@ufmt.br.

J. C. Oliveira, Universidade Federal de Uberlândia, 38400-902, Uberlândia-MG, Brasil, xx -34-32394166. E-mail: jcoliveira@ufu.br.

D. A. Andrade, Universidade Federal de Uberlândia, 38400-902, Uberlândia-MG, Brasil, xx -34-32394166. E-mail: darizon@ufu.br.

R. M. T. Silva, Companhia Energética de Brasília, 71200-010, Brasília – DF, Brasil, xx-61-3363-2301. E-mail: rildo@ceb.com.br.

A. P. Finazzi, Universidade Federal de Mato Grosso, 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil, xx – 65-615-8706. E-mail: afinazzi@ufmt.br.

II. METODOLOGIA PARA O DIAGNÓSTICO DO NÍVEL DE DEGRADAÇÃO DE CABOS ISOLADOS.

Mesmo perante um sinal de alimentação puramente senoidal, os cabos, submetidos a diferentes níveis de degradação, mostram uma relação direta entre a degradação e a presença de harmônicas, notadamente da terceira componente [2], [3]. Disto desprende que um dos mecanismos para a avaliação do estado operacional dos cabos consiste em analisar o módulo e a fase da terceira harmônica da corrente de fuga, para diferentes comprimentos de arborescências [3].

Em virtude da complexidade que caracteriza este tipo de degradação, a análise conjunta de diversos indicadores, cada um mostrando um aspecto particular do fenômeno, possibilita diagnósticos mais próximos da realidade, sendo, portanto, mais confiáveis do que aqueles advindos de apenas um indicador isoladamente. Por essa razão, para o estabelecimento de um processo de aferição do nível de degradação existente em um cabo poder-se-ia pensar no uso de indicadores como: o ângulo de perdas ($tg\delta$), a potência dissipada (P) e a distorção harmônica total (THD), grandezas essas intimamente relacionadas com a corrente de fuga que flui pelo isolante do cabo. Nessa perspectiva, ressalta-se que a $tg\delta$ é mais indicada quando se trata de degradações uniformes [3] e se apresenta em faixas de valores muito pequenos o que dificulta a sua obtenção. No tocante ao THD está comprovado que o mesmo é mais sensível ao comprimento médio das arborescências do que a $tg\delta$, sendo, pois mais indicado para identificar pequenas arborescências em cabos submetidos a elevados stress [2], [4]. A potência dissipada, por sua vez, se apresenta como um indicador correlacionado com o ângulo de perdas, no entanto mais fácil de ser medido [1]. Uma vez estabelecidas faixas de valores normalizados para esses indicadores, será então possível realizar o diagnóstico do estado de conservação da isolação de um determinado cabo elétrico.

Objetivando uma visualização do método de análise desejado, a Fig. 1 expressa, por meio do gráfico, para cada indicador, regiões distintas que caracterizam o estado do isolamento presente num dado cabo.

A região A indica que o cabo está isento de sinais de deterioração, ou seja, a isolação encontra-se em condições operacionais plenas. A região B, por sua vez, mostra que o material isolante apresenta sinais de degradação, indicando que o referido dispositivo necessita de um acompanhamento mais próximo, sendo que o limite superior dessa região é o valor máximo aceitável para cada um dos indicadores. E por último, a região C, correspondente a uma condição em que o cabo encontra-se com a vida útil comprometida, devendo ser vistoriado e eventualmente substituído.

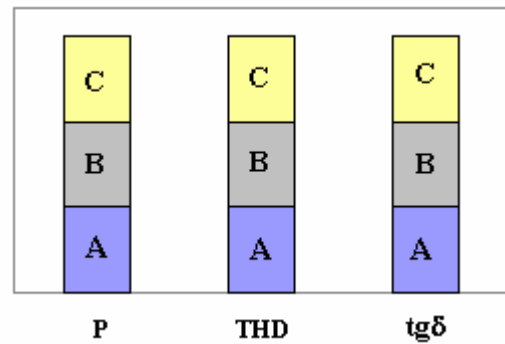


Fig. 1. Avaliação do isolamento por indicador e classe.

Vale salientar que os valores das faixas, para cada indicador, serão objetos de futuras investigações nesta linha de pesquisa. A princípio a expectativa é de que esses valores possam ser estabelecidos com base no valor máximo admissível pelo fabricante do ângulo de perdas dielétricas, valor esse disponível no catálogo dos fabricantes. Ou seja, o propósito é correlacionar tanto a potência quanto a distorção harmônica total com o $tg\delta_{max}$, utilizando os parâmetros, assim como a tensão e corrente nominais do cabo elétrico.

Estabelecidas as metas finais a serem atingidas, procede-se, na seqüência, à questão central deste artigo, o qual encontra-se focado no contexto da modelagem do fenômeno da arborescência. Uma vez obtida uma representação do fenômeno será então possível estudos computacionais e outros voltados para a exploração dos indicadores supra mencionados.

III. PROPOSTA DE MODELO PARA REPRESENTAÇÃO DAS ARBORESCÊNCIAS.

Para fins comparativos, a Fig. 2 é indicativa da característica $V-I$ típica de um diodo polarizado diretamente, porém operando numa região para a qual ainda não ocorreu o processo de condução plena. Por outro lado, a Fig. 3, extraída da referência [2], evidencia a relação $V-I$ para uma arborescência. Percebe-se, pois, que o desempenho do semiconductor nessa região evidencia uma boa concordância qualitativa entre as curvas características $V-I$ do diodo e das arborescências. Portanto, esta analogia permite concluir que o fenômeno *water-tree* pode ser equiparado a uma curva de operação de um diodo em sua região de polarização direta, submetido a níveis de tensão onde o fluxo de elétrons não consegue atravessar a junção. Muito embora a equivalência qualitativa deve-se observar que, enquanto que as escalas das correntes para ambas as figuras possuem boa correspondência numérica, as das tensões sugerem a necessidade de uma adequação para apropriá-las ao processo aqui almejado.

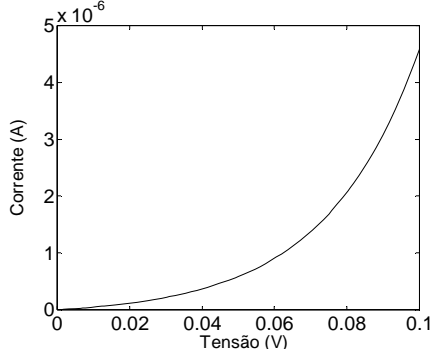


Fig. 2. Curva característica V - I do diodo na região de polarização direta

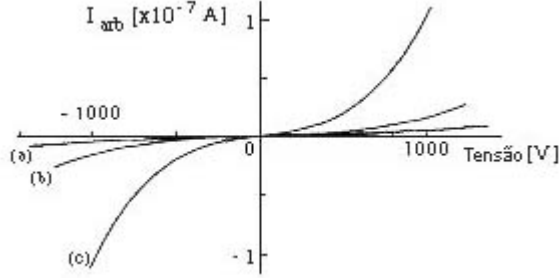


Fig. 3. Curva característica V - I das arborescências [2]

As análises precedentes indicam ainda que o fenômeno de arborescência possa ser representado por um modelo análogo a dois diodos em paralelo, um polarizado diretamente no ciclo positivo e o outro no ciclo negativo, do sinal senoidal de alimentação. Isto se faz necessário pelo fato de que a condução de corrente no cabo ocorre para as duas polaridades de tensão, respeitadas suas distinções.

Com tal premissa em mente, a questão subsequente está na adequação dos parâmetros do modelo do diodo, equação (1), à respectiva característica imposta pelo fenômeno em foco, de modo a assegurar, no equacionamento, a inclusão da resistência de isolamento e a compatibilidade da escala de tensão.

$$I_D = I_s (e^{kV_D} - 1) \quad (1)$$

Na expressão acima, as grandezas I_D e V_D representam, respectivamente, a corrente e tensão no semiconductor. A constante k é função de parâmetros intrínsecos à construção do diodo e da temperatura de operação e I_s é a corrente de saturação reversa. Esta última grandeza deve, na seqüência, ser expressa em função de variáveis que a correlacionem com a tensão aplicada ao diodo, que seria, via analogia, a mesma de operação do cabo, e uma variável que expresse a resistência não linear oferecida pelo semiconductor ou pelo isolamento do cabo. Assim procedendo obtém-se (2), onde “ m ” tem por propósito representar a não-linearidade associada com a resistência, sendo a definição de seu valor objeto de discussões posteriores. A substituição da variável V_D por simplesmente V implica em eliminar o significado de tensão direta pela tensão aplicada ao cabo. É também importante destacar que tal tensão ocorre de forma variável no tempo,

fato este que exige uma alteração da formulação para contemplar a modelagem neste domínio.

$$I_s = \frac{V}{R^m} \quad (2)$$

Vale ressaltar que, no que tange aos níveis de tensão envolvidos, há uma grande diferença entre aquelas associadas com a operação do diodo e aquelas relacionadas com as solicitações impostas às camadas isolantes do cabo. À luz desta realidade torna-se imperativa a mudança da escala das tensões para a inserção de valores que envolvem uma grande escala, a exemplo da indicada na Fig. 3. Com tal propósito foi adotada uma escala logarítmica para fins da representação matemática. Substituindo a expressão (2) em (1) e utilizando-se da função logarítmica acima referida obtém-se (3). Também, nesta formulação a corrente I_D foi substituída por $i_{arb}(t)$. Esta simbologia tem dois propósitos, um associado com a caracterização do fenômeno da arborescência ou *water-tree*, e outro, vinculado com o tratamento da corrente e respectiva tensão no domínio do tempo. A constante k , por sua vez, foi substituída por k_{arb} com o propósito de representar um parâmetro relacionado com o nível de degradação em que se encontra o cabo.

$$i_{arb}(t) = \frac{v(t)}{R^m} \left\{ e^{n \ln[k_{arb} v(t)]} - 1 \right\} \quad (3)$$

Uma vez que a tensão na expressão anterior representa uma grandeza que pode se apresentar com valores nulos e também negativos, e que estes não são compatíveis com a representação logarítmica, torna-se necessário alterar a equação (3) para a forma polinomial. Com tal objetivo, pode-se demonstrar por meio de um tratamento matemático envolvendo propriedades associadas com as funções exponencial e logarítmica que, sendo:

$$e^{\ln y} = y \quad (4)$$

Obtém-se:

$$i_{arb}(t) = \frac{1}{R^m} [k_{arb}^n v^{n+1}(t) - v(t)] \quad (5)$$

Após uma série de aproximações, obteve-se um conjunto de valores para as constantes m e n que resultam numa boa correlação entre as curvas para o diodo e aquela representativas para o fenômeno da arborescência. Deste conjunto de parâmetros, optou-se pela adoção de $m=n=2$. Nestes termos, substituindo $m=n=2$ na equação (5) chega-se a expressão (6), que corresponde ao modelo matemático para a relação entre as correntes e tensões associadas com a manifestação da *water-tree*.

$$i_{arb}(t) = \frac{1}{R^2} [k_{arb}^2 v^3(t) - v(t)] \quad (6)$$

A fusão de conceitos clássicos associados com a modelagem de cabos e a inserção do fenômeno da degradação originam o circuito equivalente da Fig. 4. Nesta, os parâmetros C_0 e R_0 representam, respectivamente, a capacitância e a resistência paralela da isolação sob condições normais, enquanto que os dois diodos em anti-paralelo, conectados em série com o capacitor C_r , estão vinculados com o fenômeno da degradação das características do isolamento do cabo. No que tange a inserção deste último capacitor, este tem por propósito representar a parte remanescente da camada isolante, ainda não atingida pela degradação. A figura ainda destaca a existência de uma corrente total de fuga advinda da composição de duas outras, uma representando a situação normal de operação, $i_o(t)$, e outra, associada com a presença do fenômeno da arborescência, $i_{arb}(t)$.

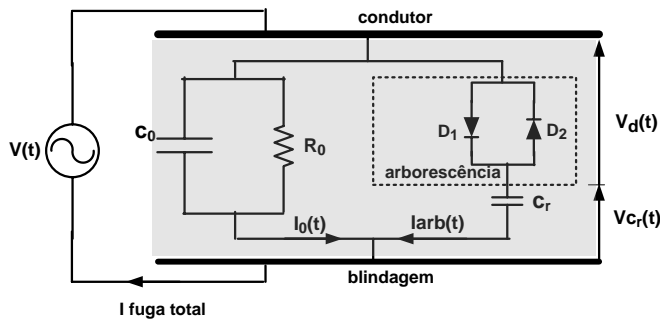


Fig. 4. Circuito equivalente da corrente de fuga no isolamento de um cabo, com arborescências.

Em consonância com as premissas estabelecidas, a possibilidade da utilização de dois elementos semicondutores, com características distintas, constitui-se num recurso muito importante para a modelagem de correntes de fuga com componentes contínuas e harmônicas, conforme relatado pela bibliografia pertinente quando da manifestação das arborescências para muitas situações reais. Nestas circunstâncias, as correntes de fuga registradas passam a se apresentar com a forma indicada na expressão (7), a qual contempla uma assimetria na forma de uma componente CC, fato este que encontra respaldo nas referências [5-7].

$$i_{arb}(t) = \frac{1}{R^2} [k_{arb}^2 v^3(t) - v(t)] + i_{CC} \quad (7)$$

IV. VALIDAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO

Uma vez proposto o modelo matemático, procede-se, na seqüência, ao processo de validação do mesmo. Para tanto, utiliza-se como base de comparação um conjunto de correntes extraídas da referência [3], obtidas em experimento com amostras de cabos degradados e que, doravante serão denominadas simplesmente por correntes de fuga. Dentre os resultados descritos nesta fonte, transcreve-se, na Fig. 5, alguns desempenhos típicos. Destes, destaca-se aquele relacionado com a Fig. 5 (d), a qual mostra a forma de onda da corrente de fuga devido à ação de uma tensão aplicada de 1

kV (50 Hz). O desempenho em questão diz respeito a uma amostra de cabo XLPE de 0.5 mm. As arborescências foram geradas mantendo-se um lado da amostra imerso em uma solução de 1 mol/l de NaCl e submetida a uma tensão de 3 kV, por um período de 500 horas.

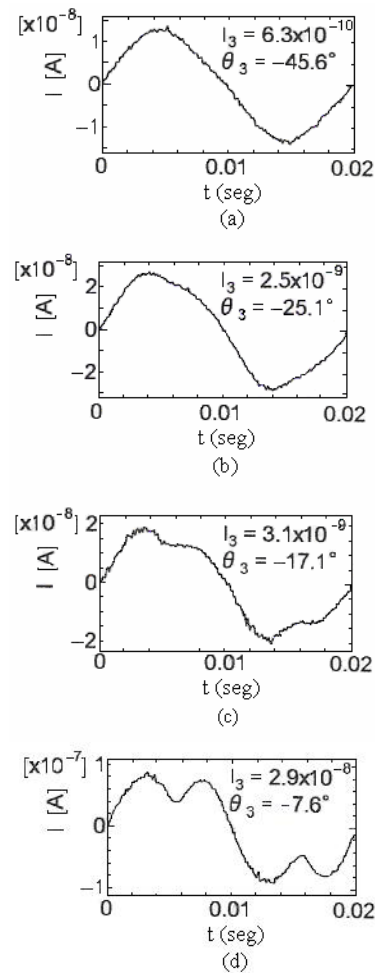


Fig. 5. Corrente de fuga: a) cabo normal; b) devido a stress causado por 3 kV/100h; c) devido a 3 kV/300h e d) relacionado com 3 kV/500h. [3].

Para a determinação dos parâmetros do modelo matemático proposto, o qual tem por meta representar as situações anteriormente ilustradas para um determinado cabo apresentando níveis de degradação, o procedimento utilizado compreende as seguintes etapas:

- Determinação do espectro de frequência e do valor eficaz verdadeiro da corrente de fuga;
- Utilização de um programa computacional, no ambiente MATLAB, o qual varia os parâmetros k_{arb} e C_r do modelo matemático, tendo como entradas e referências de buscas iterativas, o valor eficaz verdadeiro e a fase da terceira harmônica da corrente de fuga;
- Finalmente, para fins de validação do modelo, procede-se à geração das formas de onda da corrente de fuga para diferentes contribuições de harmônicas.

Sendo $v_d(t)$ a queda de tensão na região degradada, a corrente $i_{arb}(t)$ que flui na amostra de cabo é determinada com base na solução, via método de EULER, de (8).

$$\frac{1}{R^2} [k_{arb}^2 v_d^3(t) - v_d(t)] = C_r \frac{d}{dt} [v(t) - v_d(t)] \quad (8)$$

As correntes de fuga definidas como: no ramo normal, no ramo degradado e total, identificadas na Fig. 4, assim como a parcela da corrente de fuga, utilizada para esta validação, podem ser visualizadas no diagrama fasorial da Fig. 6, representativo do valor eficaz dessas correntes. Vale destacar que, muito embora o reconhecimento que a forma de onda associada com o processo da degradação produza correntes não senoidais, a representação fasorial objetiva, tão apenas, ilustrar o processo da composição das componentes focadas no artigo.

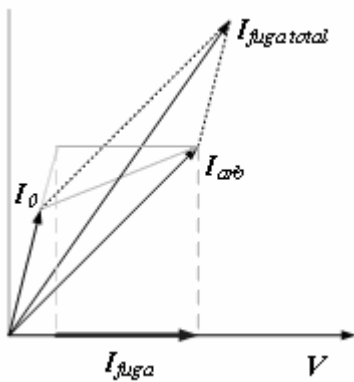


Fig. 6. Composição das correntes no isolamento do cabo elétrico.

Complementarmente, a Fig. 7 apresenta as formas de ondas correspondentes às tensões envolvidas no processo, a saber: tensão do cabo, tensão na região onde ocorre a arborescência e, finalmente, no capacitor série a esta.

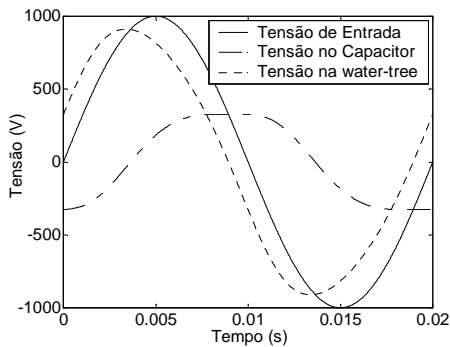


Fig. 7. Formas de onda das tensões no ramo representativo do processo da degradação.

A Fig. 8 apresenta, comparativamente, as formas de ondas para a corrente de fuga, obtidas por meio da simulação computacional e advindas dos experimentos anteriormente mencionados. Este resultado agrega as componentes harmônicas até a ordem 9 e indica, com clareza, a não linearidade do fenômeno em pauta. Como se constata, os resultados evidenciam uma boa correlação entre as formas de

onda da corrente extraída dos experimentos com aquela obtida através da modelagem aqui proposta. Devido ao fato que os parâmetros R , C associados ao cabo empregado não foram disponibilizados pela referência utilizada, então, para fins da simulação computacional, o valor da resistência de isolamento foi considerado como sendo obtido pela relação entre a tensão e a corrente fundamental da corrente medida. No que tange ao valor do capacitor representativo da camada isolante de um cabo ideal, este foi encontrado por tentativas e erros.

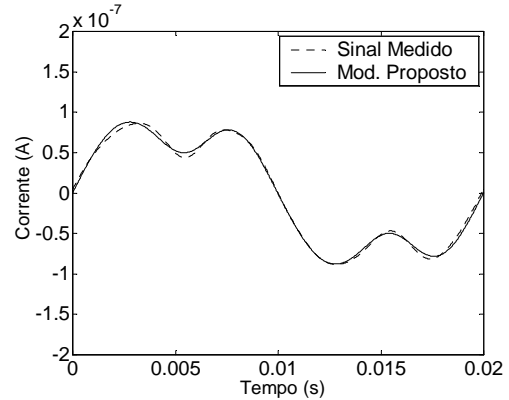


Fig. 8. Formas de onda da corrente de fuga – computacional e experimental.

Dentre as causas às quais podem ser atribuídas as pequenas divergências entre os resultados, destaca-se a questão da desconsideração, neste trabalho, das componentes harmônicas pares. Estas se fazem presentes, em menor escala, no sinal de corrente medido. Uma outra razão para essas discrepâncias está na diferença crescente no módulo e no ângulo de fase das harmônicas de ordem ímpar, notadamente a partir da quinta harmônica, como destacado na Fig. 9.

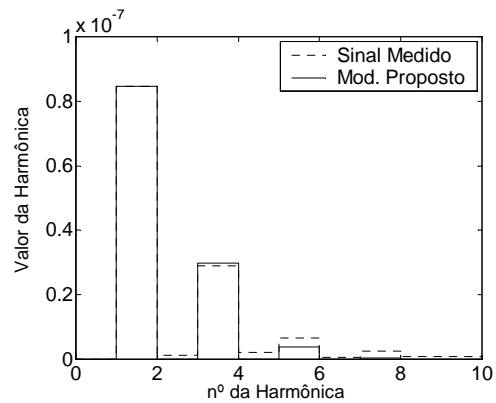


Fig. 9. Espectro de frequência da corrente de fuga – diferenças entre medições e simulações.

Do exposto fica evidenciado que o modelo permite a determinação das seguintes grandezas para as tensões e correntes de fuga: espectros de frequência, valor eficaz verdadeiro, distorção total, ângulo de perdas dielétricas e a potência dissipada na isolamento. Esses são os indicadores que se fazem necessários ao estabelecimento de uma sistemática para o diagnóstico do nível de degradação de um cabo elétrico. Finalmente, destaca-se que a Fig. 10 apresenta a característica V-I das arborescências para o nível de

degradação analisado. É importante registrar que este formato é típico para degradações uniformes e mostra um bom desempenho do modelo proposto.

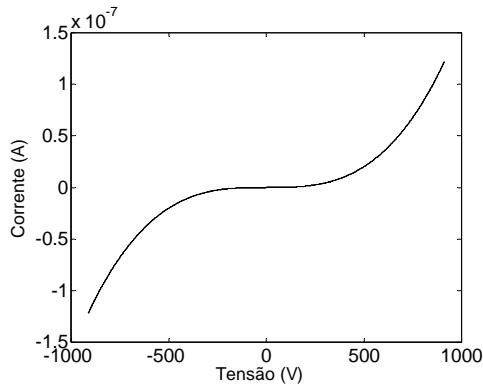


Fig. 10. Característica $V-I$ das arborescências - computacional.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma proposta para a modelagem do fenômeno de arborescência com base na característica $V-I$ do diodo semiconductor. O desempenho do modelo proposto foi comparado com resultados obtidos por meio de medições e se apresentou como apropriado para representar a não linearidade das *water tress*. A estratégia adotada para a determinação dos parâmetros do circuito equivalente, tendo por referência a forma de onda da corrente de fuga pode ser utilizada como metodologia para fins do diagnóstico das condições operacionais da isolamento do cabo elétrico. É oportuno, ressaltar que a distorção em correntes de fuga também pode ser atribuída à presença de tensões operacionais distorcidas, o que é muito comum nos sistemas reais. Por isso, é necessário aprofundar os estudos sobre a influência das distorções presentes na alimentação e no conteúdo harmônico da corrente de fuga, para cargas de natureza distintas, inclusive. Os autores pretendem também, utilizando o modelo proposto, proceder à análise da influência da degradação quando ela não ocorre de forma uniforme, na direção de se conseguir a aplicação desse processo em um sistema real.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. D. Teixeira, J.C. Oliveira, C. R. Pacheco, O. C. Souto, "Avaliação do Estado Operacional de Cabos Isolados sob Condições Adversas: Estratégias e Proposta de Diagnóstico," V SBQEE – Seminário Brasileiro sobre Energia Elétrica, Aracajú, Brasil, Agosto de 2003.
- [2] Yukihiro Y., and Hideo T., and Hitoshi K. "Study on Diagnostic Method for Water Treed XLPE Cable by Loss Current Measurement," 0-7803-53035-9/98/\$10.00© 1998 IEEE, pp 653-656, pp 653-656.
- [3] T. Tsujimoto, M. Nakade, Y. Yagi, K. Adachi, H. Tanaka, Egasaki-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Kanagawa, Yawata-kaigandori, Ichihara, Chiba, Higashi-shinagawa, Shinagawa-ku, "Development of ON-SITE Diagnostic for XLPE Cable by Harmonics in AC Loss Current," Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, June 1-5- 2003, Nagoya, pp 73-76.

- [4] A.T.Bulinski, E. So, S.S.Bamji, "Measurement of the Harmonic Distortion of the Insulation Loss Current as a Diagnostic Tool for High Voltage Cable Insulation," 0-7803-5935-6/00/\$10.00 © 2000 IEEE, pp 1615-1620.
- [5] Wei. Zhang, Yutao Zhou, Baitun Yang, Yaonan Liu, "A Study on DC Component Method of On-Line Diagnosis for XLPE Cables," Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Applications Dielectrics Materials, July 3-8 – 1994, Brisbane Australia, vol.1 pp 375-378.
- [6] Wei. Zhang, Yutao Zhou, Baitun Yang, Yaonan Liu, "A Study on DC Component Method for Hot-Line XLPE Cable Diagnosis," IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Pittsburgh – PA USA, June 5-8, 1994, pp 95-98.
- [7] S. Yamaguchi, S. Soda, N. Takada, "Development of a New Type Insulation Diagnostic Method for Hot-Line XLPE Cables," IEEE Transactions on Power Delivery, July-1989, vol. 4 no. 3, pp. 1513-1520.

VII. BIOGRAFIA



Fernando Nogueira de Lima nasceu em Campina Grande – Pb, Brasil. Concluiu a graduação e o Mestrado na Universidade Federal da Paraíba – Brasil. É professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso – Brasil. Sua área de interesse é Qualidade de Energia.



José Carlos de Oliveira nasceu em Itajubá – MG, Brasil. Concluiu a graduação e o Mestrado na Universidade Federal de Itajubá – Brasil, e o Ph.D no Institute of Science Technology – Manchester – UK. É pesquisador no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia – Brasil. Tem pesquisado e publicado sobre vários temas relacionados com Sistemas de potência e com Qualidade de Energia.



Darizon Alves de Andrade nasceu em Monte Alegre de Minas – MG Brasil. Concluiu a graduação e o mestrado na Universidade Federal de Uberlândia – Brasil, e o Ph.D na The University of Leeds – UK. É professor titular e pesquisador no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia - Brasil. Tem pesquisado e publicado sobre vários temas relacionados com Sistemas de Potência e Acionamentos Elétricos.



Rildo Marley Tavares da Silva nasceu em Itajubá – MG, Brasil. Concluiu a graduação na Universidade Federal de Itajubá – Brasil, e MBA Empresarial na Fundação Dom Cabral – MG, Brasil. É Gerente Executivo de Manutenção e Serviços da Companhia Energética de Brasília - Brasil. Tem atuado em projetos de pesquisa nas áreas de Sistemas de Potência e Qualidade de Energia



Antonio de Pádua Finazzi nasceu em Moji-Mirim – SP, Brasil. Concluiu a graduação na Universidade Federal de Uberlândia e o Mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil. É professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso - Brasil. Sua área de interesse é Qualidade de Energia.