

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Energia e
Automação Elétricas

ISSN 1413-2214

BT/PEA/0411

**Modelo Computacional do Sistema
de Conversão de Energia Eólica
Equipado com Gerador de Indução**

Marcelo Moraes
Aderbal de Arruda Penteado Junior

São Paulo – 2004

1440793

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Marcelo Moraes, sob orientação do Prof. Dr. Aderbal de Arruda Penteado Junior: "Modelo Computacional do Sistema de Conversão de Energia Eólica Equipado com Gerador de Indução", defendida em 18/02/2004, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Moraes, Marcelo

Modelo computacional do sistema de conversão de energia eólica equipado com gerador de indução / Marcelo Moraes, Aderbal de Arruda Penteado Junior. -- São Paulo : EPUSP, 2004.

11 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas ; BT/PEA/0411)

1. Energia eólica 2. MATLAB 3. Máquinas assíncronas I. Penteado Junior, Aderbal de Arruda II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas III. Título IV. Série
ISSN 1413-2214

CDD 621.312136
005
621.3136

MODELO COMPUTACIONAL DO SISTEMA DE CONVERSÃO DE ENERGIA EÓLICA EQUIPADO COM GERADOR DE INDUÇÃO

Marcelo Moraes
USP

Aderbal de Arruda Penteado Junior
USP

Resumo: A geração de energia a partir de fontes alternativas e renováveis tem apresentado um acentuado crescimento nas últimas duas décadas; e entre as fontes de energia estudadas, pesquisadas e implantadas nos últimos anos, a energia eólica é considerada uma das mais promissoras. Com o desenvolvimento da eletrônica de potência e o surgimento de materiais mais leves e resistentes, a potência das turbinas eólicas vem aumentando constantemente, proporcionando configurações para diversas condições de funcionamento, principalmente para aplicações de sistema de conversão em velocidade variável. Deste modo, a configuração de sistemas conversores de energia eólica, equipados com geradores de indução tem prevalecido, devido à sua flexibilidade de operação quando comparada com outros tipos de máquinas (síncrona e corrente contínua). Este trabalho apresenta um modelo computacional de um SCEE equipado com gerador de indução duplamente alimentado pelo rotor e conectado à rede elétrica através de um conversor eletrônico de potência; essa é uma configuração teórica adotada para um sistema de conversão VVFC - Velocidade Variável e Frequência Constante. O modelo computacional foi desenvolvido através dos blocos da caixa de ferramentas do *Simulink* - *Matlab*.

"... no vento há energia..." "...o vento não conhece fronteiras..."

PALAVRAS-CHAVE: Fontes Alternativas, Energia Eólica, Gerador de Indução, *Matlab-Simulink*.

COMPUTATIONAL MODEL OF THE WIND POWER CONVERSION SYSTEM EQUIPED WITH INDUCTION GENERATOR

Abstract: During the past two decades, power generation from both alternative and renewable sources has shown a considerable development. Among these sources of energy, wind power is considered as one of the most promising alternatives. With the continuous development of power electronics along with the arrival of lighter but stronger materials, the capacity of wind turbines is also in a continuous increase; thus, providing various arrangements for different operating conditions. The main arrangement aiming to the application of converter systems with variable speed. In this way, the wind power converter systems, equipped with induction generators, have been prevailing due to their operation flexibility when compared to other types of machines (synchronous and dc machines). In this work, a computational model of the a SCEE equiped with induction generator double fed wound-rotor connected to the network through a power converter, is presented. This is a theoretical configuration adopted for a system VSCF - Variable Speed, Constant Frequency. The computational model was developed using the *Matlab* Programme (*Simulink* Blockset - *SymPower* Systems).

"... in the wind exists energy..." "...the wind has not been to borders..."

KEYWORDS: Alternative Sources, Wind Power, Induction Generator, *Matlab-Simulink*.

1. Introdução

A energia elétrica gerada por um SCEE para ser entregue à rede elétrica depende de alguns fatores específicos. Esses fatores dizem respeito a: características do vento (recurso eólico) no local da instalação do SCEE; características do tipo de configuração do SCEE tais como: tipo de gerador elétrico e a forma de conexão na rede elétrica (direta ou através de conversores de potência); e as características da rede elétrica no ponto de conexão [1].

Os sistemas conversores de energia eólica têm seus esquemas de conversão de energia divididos e classificados de acordo com a velocidade de controle da turbina e a frequência de saída do gerador elétrico. Atualmente são classificados como:

- VCFC – velocidade constante e frequência constante.
- VVFC – velocidade variável e frequência variável.
- VVFC – velocidade variável e frequência constante.

As configurações atuais utilizam dois tipos de geradores elétricos; geradores assíncronos e geradores síncronos de baixa velocidade (grande número de pares pólos) [2][3][4]. Os geradores de corrente contínua não têm sido considerados atualmente, devido ao elevado custo de fabricação e a constante necessidade de manutenção no comutador da máquina [2].

Este trabalho trata apenas do sistema VVFC.

Para os sistemas eólicos com velocidade variável, a conexão com a rede elétrica é realizada através de retificadores e conversores de potência. A conexão estática permite o controle de potência reativa, o amortecimento das flutuações de potência decorrentes da variação do vento, a diminuição da injeção de harmônicos na rede elétrica e a operação com maior eficiência energética o que facilita a integração entre redes fracas [1].

Os SCEE instalados no Brasil utilizam geradores síncronos conectados diretamente a um retificador não controlado, de modo a garantir um fator de potência elevado, a potência de saída do retificador é injetada na rede elétrica através de um conversor de potência. Normalmente este tipo de configuração utiliza um gerador síncrono com elevado número de pares de pólos sem caixa de engrenagens.

A figura 1 ilustra um SCEE (modelo E-40) instalado no Brasil pela empresa Wobben Enercon.

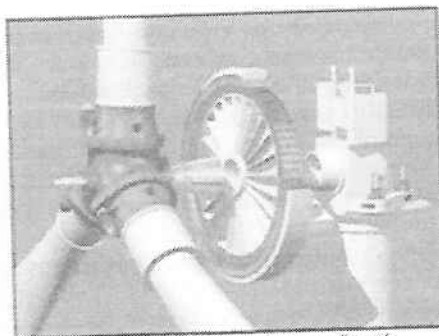


Figura 1 – SCEE instalado no Brasil

2. Descrição do SCEE

Um Sistema de Conversão de Energia Elétrica (SCEE) tem como finalidade a geração de eletricidade a partir da energia cinética captada na movimentação do ar (vento) [4]; os principais componentes que constituem um SCEE são:

- Sistema captador de vento (eixo, pás e cubo).
- Sistema de transmissão de força (caixa de engrenagens).
- Sistema elétrico/conversor.
- Sistema de controle.
- Sistema de freio.
- Sistema estrutural.

A figura 2 ilustra um SCEE.

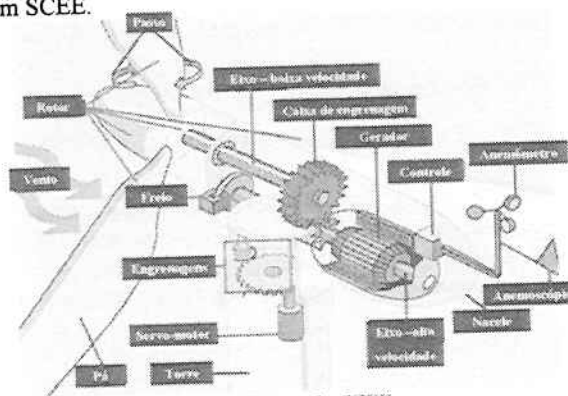


Figura 2 - SCEE

A **turbina eólica** é formada por um conjunto de pás que constitui a hélice do rotor é este o componente responsável pela captação da energia do vento convertendo-a em energia mecânica. A **transmissão** é o mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo da turbina para o eixo do gerador elétrico; a transmissão pode ser direta ou feita através de caixa de engrenagens com o intuito de aumentar a rotação do eixo do gerador elétrico. O **gerador elétrico** é o componente que tem a finalidade de converter a energia mecânica em energia elétrica. O **sistema de controle** é constituído por uma série de sensores e atuadores que fornecem as informações que permitem o funcionamento seguro de todo o SCEE com o melhor aproveitamento possível do vento, é no sistema de controle que está o cérebro do SCEE. A **estação de medição do vento** é uma pequena estação meteorológica que monitora e informa o sistema de controle as características do vento e das condições atmosféricas; é constituído por anemômetros e anemoscópios. O **suporte estrutural** é formado pela nacela que

envolve todos os equipamentos e pela torre de sustentação. O **conversão de energia** é constituído por retificadores e inversores de potência que fazem a conexão do SCEE com a rede elétrica.

A figura 3 apresenta o diagrama de blocos genérico de um SCEE com sistema de conversão VVFC.

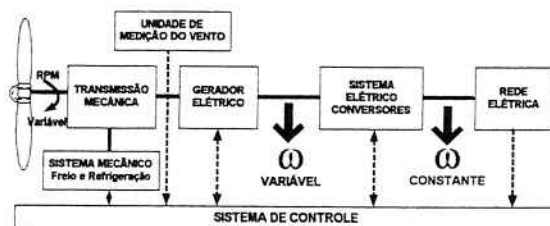


Figura 3 – Diagrama de Blocos do SCEE

3. Descrição do SCEE equipado com gerador de indução duplamente alimentado pelo rotor.

O sistema de geração de eletricidade do SCEE apresentado neste trabalho é constituído pelos seguintes equipamentos principais:

- Turbina eólica de 3 pás e eixo horizontal.
- Gerador de indução de rotor bobinado com duplo enrolamento.
- Conversor CA-CC constituído por dois retificadores trifásicos com comutação natural.
- Conversor CC-CA constituído por IGBT's comutação forçada com controle PWM.
- Filtros CC e CA.

A figura 4 apresenta o esquema elétrico básico do SCEE estudado neste trabalho.

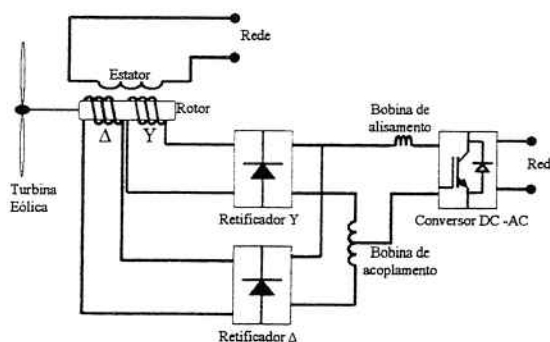


Figura 4 – Esquema elétrico simplificado do SCEE

Na configuração do SCEE estudada é utilizado um gerador de indução de rotor bobinado com duplo enrolamento.

O enrolamento do estator é conectado diretamente a rede elétrica trifásica; enquanto que o duplo enrolamento do rotor em conexões estrela e triângulo é conectado a um retificador CA – CC, esta configuração permite reduzir o conteúdo harmônico [2] das correntes do rotor refletidas nos valores de corrente que o estator injeta na rede elétrica.

O número de espiras do enrolamento com ligação em triângulo é $\sqrt{3}$ maior que o número de espiras do enrolamento com ligação em estrela; isso garante que a tensão de entrada em cada retificador seja de mesma amplitude.

Os dois retificadores são associados em paralelo através de uma bobina de acoplamento conectada entre os terminais negativos de cada retificador.

Também é utilizada uma bobina de alisamento na entrada do inversor de corrente com o objetivo de garantir que a corrente que circula pelo barramento intermediário em corrente contínua seja constante.

O conversor CC – CA utilizado no estudo é do tipo inversor de corrente com comutação forçada, constituído por semicondutores IGBT's, os terminais de saída do conversor são ligados a um filtro de corrente que se conecta à rede elétrica.

3.1 A Turbina Eólica

As turbinas eólicas são máquinas que extraem energia dos ventos, transformando a energia cinética em energia mecânica [6]. A potência eólica disponível para uma turbina é a energia cinética associada a uma massa

de ar que se desloca com uma velocidade uniforme e constante. Essa massa de ar atravessa uma secção plana transversal (área de captação da turbina) disponibilizando uma determinada potência.

A **Potência Eólica Disponível** é dada pela equação :

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1)$$

onde:

ρ : densidade do ar (kg/m^3)

V : velocidade do vento (m/s)

A : área de captação (m^2)

Potência Eólica Utilizável

Como ocorre para todas as fontes de energia um dos principais critérios a ser considerado é o quanto de energia natural pode ser convertida em energia elétrica. As pás das turbinas eólicas modernas possuem perfis aerodinâmicos semelhantes aos das asas dos aviões. O perfil aerodinâmico é importante em diversos estágios da operação, especialmente no que diz respeito à **força de sustentação** (L).

Deste modo, entende-se que de toda a potência disponível do vento, apenas parte dela pode ser extraída para geração de energia, e essa parte é quantificada pelo coeficiente de potência (C_p), isto é, a relação entre a potência disponível e a utilizável. O máximo rendimento teórico de uma turbina eólica é de aproximadamente 59,26%, este valor teórico é conhecido como *Limite de Betz*.

O rendimento total ($C_p \times \eta$) resulta significativamente menor, uma vez que os demais componentes mecânicos e elétricos da turbina eólica apresentam perdas de potência. Os valores mais altos de ($C_p \times \eta$) que atualmente podem ser alcançados estão entre 40 e 50% da potência do vento. A potência produzida por um SCEE é determinada pela seguinte equação:

$$P_{SCEE} = P_v \cdot (C_p \cdot \eta_{SCEE}) \quad (2)$$

3.2 Gerador de Indução

Para compreender o funcionamento da máquina assíncrona como gerador de indução deve-se procurar entender primeiro seu funcionamento como motor de indução. Quando os terminais dos enrolamentos do estator são conectados a uma rede elétrica conveniente, circula uma corrente reativa entre a rede elétrica e o enrolamento do estator. A circulação desta corrente gera um campo eletromagnético girante no estator que gira a uma velocidade denominada velocidade síncrona (N_s). A velocidade com que o campo girante se movimenta depende da frequência (f) da rede elétrica e do número de pólos (p) da máquina.

Esta relação pode ser observada na equação:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (3)$$

A máquina assíncrona pode operar como gerador ou motor de indução de acordo com a diferença de velocidades estabelecida entre do campo girante do estator e o rotor. Essa diferença de velocidade é denominada de **escorregamento** (s).

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} \quad (4)$$

A força magnetomotriz (f.e.m.) girante do estator produz um fluxo magnético no entreferro da máquina. Este fluxo, através de indução eletromagnética induz uma tensão alternada no rotor, de modo a estabelecer circulação de corrente elétrica.

Quando a máquina assíncrona é acoplada a uma máquina primária como, por exemplo, uma turbina eólica, de tal modo que a velocidade do rotor seja superior a do campo girante estabelecido no estator ($N > N_s$), fazendo com que o escorregamento seja negativo, o sentido da f.e.m. induzida coincide com o sentido da componente ativa da corrente do estator, ao invés de se opor a ela, quando da operação como motor. Pode-se dizer que esta situação serve para indicar a mudança na condição de operação da máquina assíncrona de motor para gerador.

À medida que o escorregamento, agora negativo cresce, aumenta a reatância indutiva do rotor, aumentando a defasagem entre a força eletromotriz e a corrente do rotor. O gerador de indução fornece uma corrente ativa à rede elétrica e recebe desta, uma corrente reativa atrasada.

3.3 Conversor CA-CC

Um retificador trifásico de comutação natural, constituído por diodos realiza a conversão da corrente alternada em corrente contínua, estabelecendo assim um barramento intermediário em corrente contínua.

A potência do rotor do gerador de indução para ser injetada na rede elétrica, precisa ter asseguradas determinadas características (tensão e frequência), para controlar isso é necessário estabelecer um barramento intermediário em corrente contínua, antes de reconverter a potência em corrente alternada (com valores seguros) e injetá-la na rede elétrica através do conversor de potência.

Esse “elo” em corrente contínua é obtido através da conexão de um retificador trifásico nos terminais dos enrolamentos rotóricos do gerador de indução.

A figura 5 apresenta o esquema elétrico simplificado da conexão dos retificadores que constituem o conversor CA-CC, responsável pela conversão da tensão do rotor com amplitude e frequência variáveis em corrente contínua.

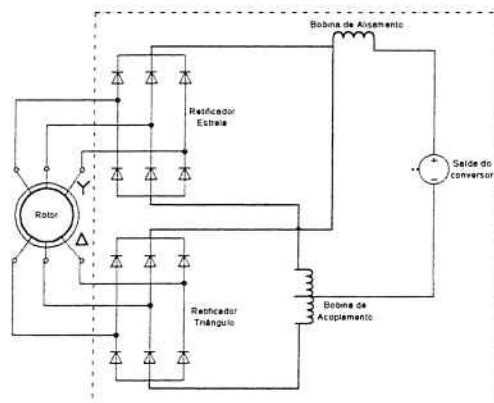


Figura 5 – Conversor CA-CC

Os dois retificadores são associados em paralelo, sendo que o terminal negativo de cada retificador é conectado a uma bobina de acoplamento, responsável por manter constante e limitar a corrente que circula entre os retificadores. A bobina de acoplamento tem a função de evitar que em algum instante um dos diodos que compõem os retificadores seja contrapolarizado (não entra em condução) devido a circulação de corrente entre os conversores, imposta pela elevação momentânea de tensão em um dos retificadores.

Na saída do conversor CA – CC é conectada uma bobina de alisamento (filtro) de modo a garantir que a corrente fornecida (I_{cc}) seja praticamente constante e que não dependa da tensão de carga (E_{cc}), com isso pode-se também conhecer a forma de onda da corrente nos terminais dos retificadores [2].

A figura 6 ilustra o esquema elétrico simplificado do sistema de conversão de tensão aplicado no SCEE.

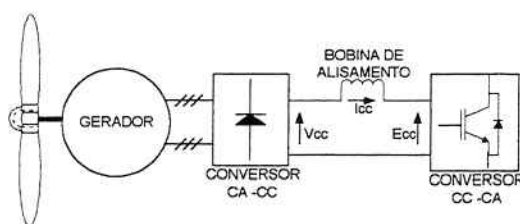


Figura 6 – Esquema elétrico simplificado dos conversores

O retificador utilizado no sistema regenerativo de energia é do tipo não controlado, portanto a tensão (V_{cc}) depende diretamente da tensão injetada pelos enrolamentos do rotor, fazendo com que a corrente (I_{cc}) seja controlada pela tensão de carga (E_{cc}). Esta condição é de extrema importância na escolha do tipo de inversor de potência a ser utilizado [2].

A tensão média pode ser determinada através da equação (5).

$$\overline{V_{CC}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_{linha} \quad (5)$$

3.4 Conversor CA-CC

Na análise da configuração do SCEE proposta para o esquema de conversão com velocidade variável e frequência constante, também é utilizado um conversor CC – CA, que visa adequar os valores de tensão e frequência aos requisitos da rede elétrica.

Neste trabalho é analisado um conversor de potência CC – CA constituído por um inversor de corrente com comutação forçada que utiliza semicondutores IGBT. O inversor é comandado através da técnica de modulação por largura de pulsos (PWM).

A utilização de um inversor de corrente justifica-se pelo fato de ser mais simples conectar uma fonte de corrente (inversor de corrente) em paralelo com uma fonte de tensão (rede elétrica) do que duas fontes de tensão (inversor de tensão e rede elétrica) em paralelo, devido ao fluxo de corrente entre as fontes [2]; outra importante razão é o fato da bobina de alisamento impor uma determinada corrente nos terminais de entrada do inversor.

Na configuração adotada, o conversor CC – CA não impõe e não controla a tensão, seu funcionamento consiste apenas em seguir a tensão imposta pela rede elétrica e para este perfil de funcionamento o inversor de corrente é o que apresenta melhor desempenho [2].

O inversor de corrente é um dispositivo eletrônico que converte a corrente contínua em corrente alternada, com valores adequados à rede elétrica em que se conecta.

A conversão da corrente é realizada através do chaveamento (liga – desliga) dos transistores (IGBT), de modo a alternarem o sentido da corrente na saída do conversor.

O modelo elétrico do conversor CC - CA é ilustrado pela figura 7.

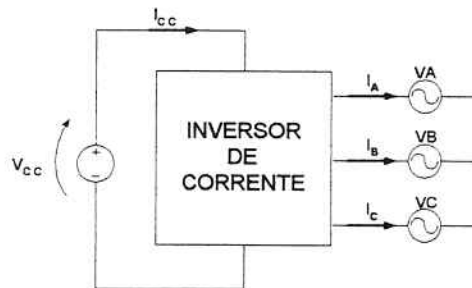


Figura 7 – Modelo elétrico do conversor CC-CA

O modelo do conversor CC – CA, conforme ilustrado na figura 8, é representado pelo inversor de corrente conectado a um sistema de tensões trifásico equilibrado, e alimentado por uma fonte de tensão contínua.

Da análise do modelo do conversor CC – CA, é possível determinar as seguintes grandezas:

Grandezas do lado contínuo:

$$I_{CC}(t) = I_{CC} \quad (6)$$

$$\overline{V_{CC}} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot im \cdot V_{max} \cdot \cos(\theta) \quad (7)$$

Os valores de tensão nas fases A, B e C, abaixo determinadas, são grandezas da rede elétrica que não dependem do inversor.

$$V_A = V_{max} \cdot \sin(\omega t) \quad (8)$$

$$V_B = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 120) \quad (9)$$

$$V_C = V_{max} \cdot \sin(\omega t - 120) \quad (10)$$

Os valores de corrente a serem injetados na rede elétrica, controlados pelo inversor, são os seguintes:

$$I_A = I_{CC} \cdot im \cdot \sin(\omega t - \theta) \quad (11)$$

$$I_B = I_{CC} \cdot im \cdot \sin(\omega t - \theta + 120) \quad (12)$$

$$I_C = I_{CC} \cdot im \cdot \sin(\omega t - \theta - 120) \quad (13)$$

A relação entre as potências ativa e reativa injetadas na rede elétrica, é determinada pela defasagem (θ) entre os ângulos da corrente de saída do inversor e da tensão da rede elétrica.

Se a corrente de entrada (I_{CC}) não depender do inversor, o fluxo de potência ativa (P) e a potência reativa (Q) pode ser controlado de modo independente, através do índice de modulação (im) e do ângulo de defasagem (θ).

Deste modo as potências ativa e reativa podem ser encontradas por:

$$P = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot I_{CC} \cdot V_{max} \cdot im \cdot \cos(\theta) \quad (14)$$

$$Q = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot I_{CC} \cdot V_{max} \cdot im \cdot \sin(\theta) \quad (15)$$

A potência (P_1) enviada pelo estator é dada pela equação:

$$P_1 = \frac{P_{MEC}}{1-s} \quad (16)$$

A potência do rotor (P_2) enviada a rede é:

$$P_2 = \frac{s}{1-s} \cdot P_{MEC} \quad (17)$$

Deve ser observado que a potência rotórica é composta de duas parcelas: a potência dissipada nos enrolamentos do estator (P_{d2}) e a potência recuperada (P_{r2}).

$$P_2 = P_{d2} + P_{r2} \quad (18)$$

A potência mecânica é dada por:

$$P_{mec} = P_1 - P_2 \quad (19)$$

A potência enviada à rede pelos conversores também pode ser determinada pela tensão e corrente que circula pelo barramento contínuo.

$$P_{conv} = V_{CC} \cdot I_{CC} \quad (20)$$

A figura 10 apresenta o comportamento da potência entregue a rede pelo estator e pelo rotor para escorregamento negativo (máquina assíncrona operando como gerador).

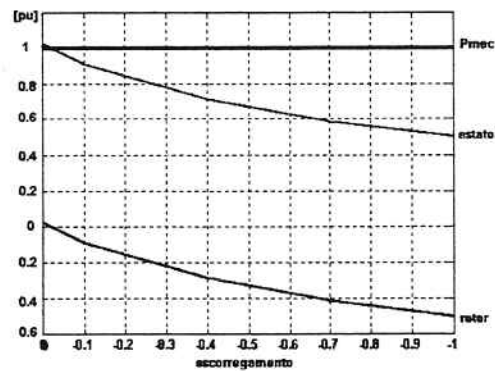


Figura 10 – Curva de potência do rotor e do estator em função do escorregamento.

5. Modelo computacional do SCEE equipado com gerador de indução.

5.1 Geral

Para que seja possível analisar as curvas características de funcionamento e a aplicação do SCEE, é necessário recorrer a um modelo matemático, e a um modelo elétrico computacional que possibilite avaliar seu comportamento em situações pré-determinadas, tais como: tipo de conexão à rede elétrica, variações na velocidade do vento, variações na carga e variações na rede elétrica.

As situações modeladas e as análises conclusivas são obtidas através de simulações utilizando o programa *Simulink – MatLab*, a caixa de ferramentas utilizada é o *Simulink Blockset - SymPower Systems*.

O modelo do SCEE equipado com gerador de indução duplamente alimentado pelo rotor é ilustrado pela figura 11.

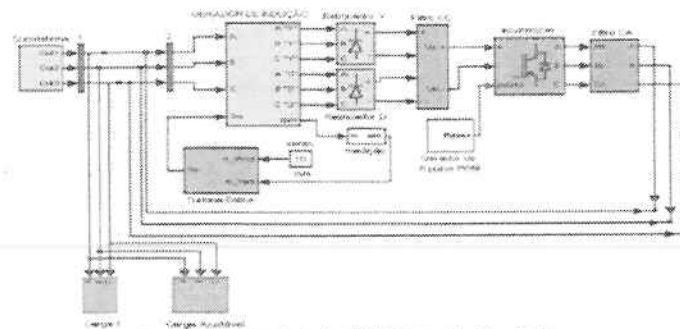


Figura 11 – Modelo do SCEE (Matlab-Simulink)

5.2 Descrição da simulação

O SCEE é analisado em condições normais de funcionamento, vento constante, carga fixa e rede elétrica estável.

Para gerar as simulações em três condições normais de funcionamento, a turbina eólica é acionada com uma velocidade de vento constante fixada em 8, 10 e 12 m/s, são também conectadas duas cargas no sistema, uma carga fixa de 50 kW e uma carga ajustável até 400 kW; isto é necessário para garantir que toda a energia produzida pelo SCEE seja consumida e se obtenha assim os valores das grandezas elétricas pertinentes para cada faixa da operação, de acordo com a velocidade de funcionamento da turbina.

Foram monitoradas as tensões e correntes de cada bloco do sistema, assim como as potências ativa e reativa geradas e/ou absorvidas pelo SCEE.

O diagrama de blocos apresentado na figura 12 indica os pontos e as grandezas elétricas que foram monitoradas na simulação.

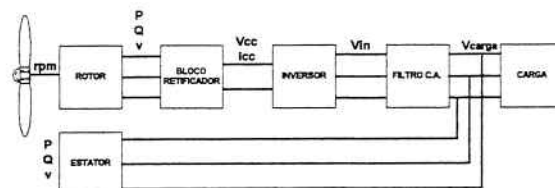


Figura 12 – Diagrama de blocos dos pontos de medição

A curva característica da turbina eólica adotada para a simulação é ilustrada pela figura 13.

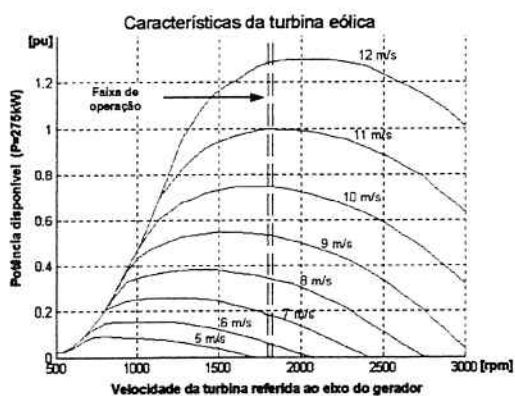
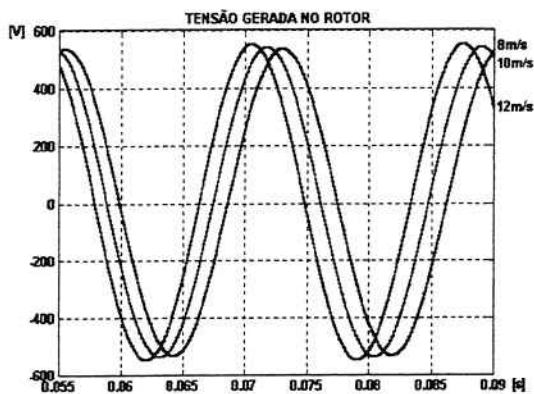
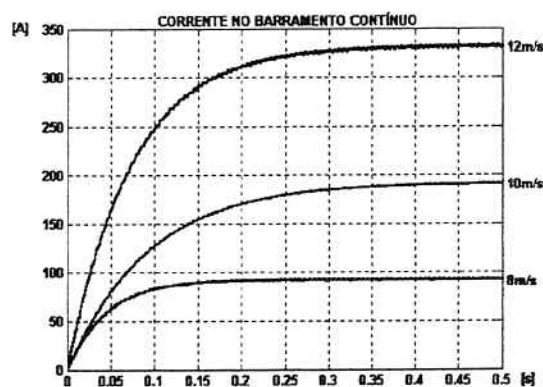


Figura 13 – Curva característica da turbina eólica

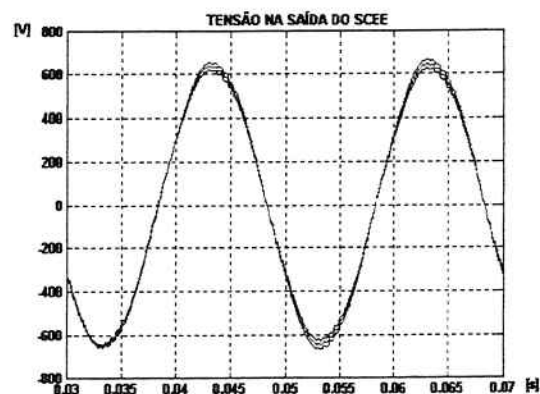
Os gráficos obtidos da simulação são mostrados a seguir; as curvas de corrente injetada na rede elétrica e as curvas de potência ativa são referentes à energia recuperada pelo rotor.



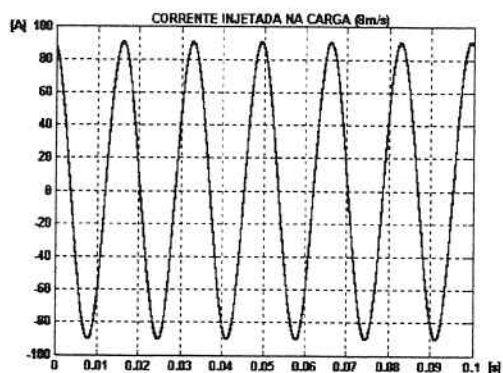
Tensão gerada no rotor



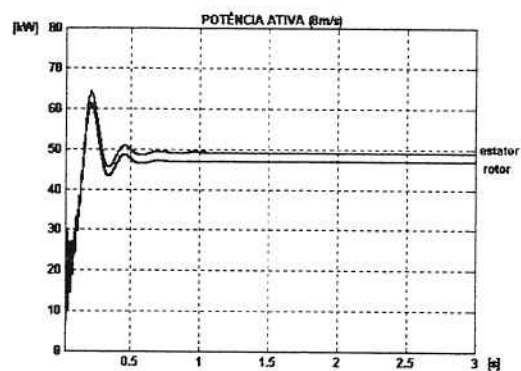
Corrente no barramento contínuo na saída do retificador



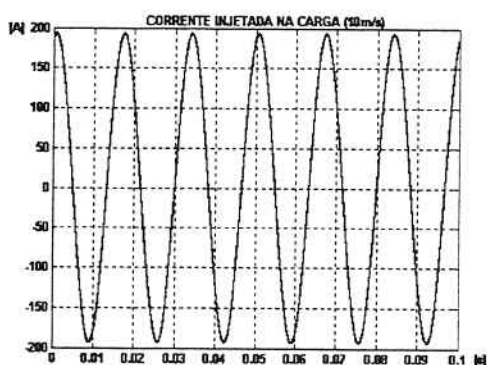
Tensão na saída do conversor CA-CC do SCEE



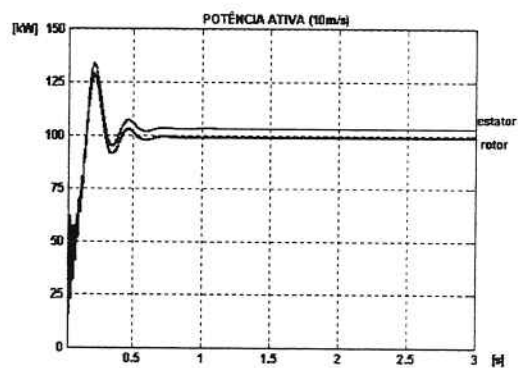
Corrente injetada pelo conversor CA_CC



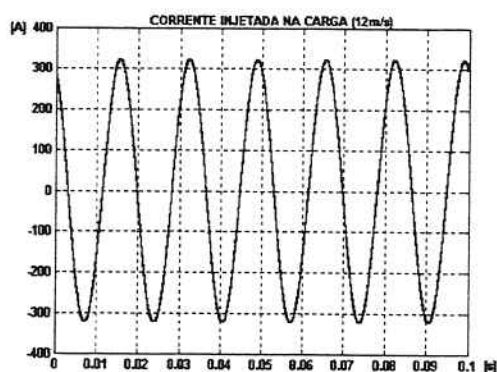
Comportamento da potência ativa dividida entre rotor e estator



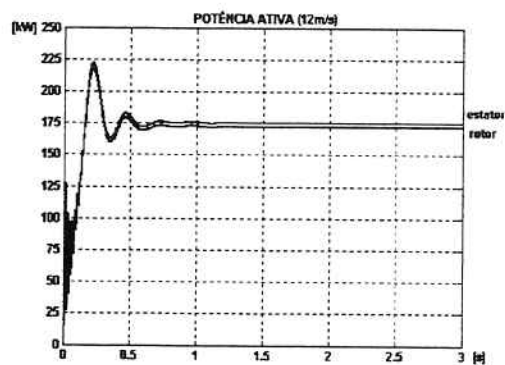
Corrente injetada pelo conversor CA_CC



Comportamento da potência ativa dividida entre rotor e estator



Corrente injetada pelo conversor CA_CC



Comportamento da potência ativa dividida entre rotor e estator

Tabela com os valores obtidos na simulação quando o SCEE é acionado com ventos de 8, 10 e 12 m/s

V_v (m/s)	P_{mec} (kW)	P_1 (kW)	P_2 (kW)	Q_1 (kVAr)	Q_2 (kVAr)	V_1 (V)	V_2 (V)	V_{cc} (V)	I_{cc} (A)	V_{rede} (V)	I_{rede} (A)	N (rpm)
8	98	49	47	-36	26	480	378	510	91	480	64	3520
10	206	102	98	-74	53	480	382	515	191	480	134	3539
12	357	174	171	-126	87	480	389	525	326	480	230	3567

1 – Estator

2 – Rotor

V_{cc} – Barramento contínuo

6. Conclusões

O objetivo deste trabalho foi o de apresentar a energia eólica e seu sistema conversor de energia "SCEE" como uma alternativa de pesquisa, que possibilitasse a utilização de recursos naturais de nosso planeta sem afetar o seu equilíbrio ecológico; estudar através de um modelo computacional (*Simulink - Matlab*), dispositivos e configurações que permitam a geração de energia elétrica com fontes de energia de potência variável utilizando geradores de velocidade variável e frequência fixa.

Um modelo computacional foi elaborado para analisar o funcionamento do SCEE para diferentes velocidades de vento e conseqüentemente os valores de potência disponível.

A energia eólica, como a maior parte das fontes de energia alternativas e renováveis, apresenta o problema da incerteza da disponibilidade da energia resultante; deve neste caso ser aproveitada como uma fonte de energia secundária e complementar à energia hidráulica (cenário brasileiro).

A simulação demonstrou que a potência extraída do gerador de indução depende das condições do vento validando a proposta inicial do trabalho que era a de criar um modelo utilizando os blocos do programa computacional "*Simulink - Matlab*" que fossem capazes de demonstrar essa situação.

O fluxo de potência ativa e reativa entre o SCEE e a carga é condicionado pela relação entre a tensão no barramento contínuo e a tensão da carga.

Desenvolver um modelo computacional que permita simular também o funcionamento do SCEE considerando o tipo de turbina e sua forma de controle de potência e rotação, assim como os componentes eletromecânicos que realizam o trabalho de acoplamento e transmissão de potência mecânica entre o rotor da turbina eólica e o rotor do gerador de indução é uma proposta para trabalhos futuros.

Este trabalho também pretende contribuir para a continuidade dos estudos baseados em sistemas conversores de energia eólica e estimulá-los.

7. Referências:

- [1] ROSAS, P.A.C.; ESTANQUEIRO, A.I. – Guia de projeto elétrico de centrais eólicas – **CBEE** – Recife 2003.
- [2] RAMOS, J.C.; et.at. Current Source Inverter for a 400 kW Ocean Waves Induction Generator. **Universidade do Porto**. 1997.
- [3] SMITH, G.A.; NIGIM, K. A multi-function electrical generator for a wind turbine. **Wind Engineering**. v.12 ; n.6; Multi-science publishing CO.Ltd. – United Kingdom – 1988.
- [4] LUNDBERG, S. Configuration study of large Wind parks. Dissertação de mestrado. In: **Chalmes University Technology** . Güterborg ,Suíça. 2003.
- [5] REIS, L.B. Geração de energia elétrica. São Paulo: **Tec-Art editora Ltda**, 1998. 223p
- [6] FARRET, F.A. Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica. Santa Maria: **Editora da UFSM**, 1999. 245p
- [7] IEEE Std 1094-1991 – Recommended practice for the electrical design and operation of wind farm generating stations – **IEEE/Standarts coordinating committee** 23. Abril 1991.
- [8] SENJYU, T.; et al. Stability Análisis of Wind Power Generating System. **IEEE POWER CONVERSION CONFERENCE** – Osaka 2002. ICC Proceedings. Piscataway: IEEE, 2002. v.3, p.1441-1446. ISBN: 0-7803-7156-9.

Wind Energy Conversion – 1988

Procedings of the British Energy Association Conference – London 22/24 March 1988

BETZ, A.– Wind Energie und thre Ausnutzung durch Windmühlen. Okobuch Verl – 1982 - V - 64p.
ISBN 3.922964.11.7

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEA/9301 - Alguns Aspectos do Problema de Planejamento de Sistemas de Transmissão sob Incertezas - CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN, ERNESTO JOÃO ROBBA
- BT/PEA/9302 - Vibrações em Motores Elétricos Provocadas por Forças Magnéticas - ORLANDO SILVIO LOBOSCO, HENRIQUE PRADO ALVAREZ
- BT/PEA/9303 - Corrente Contínua em Alta Tensão: Aplicação de Equipamentos Elétricos e Modelos para Análises de Confiabilidade - LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9504 - Automação e Informatização Aplicadas a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem - EVALDO ARAGÃO FARQUI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/9505 - Modernização e Reabilitação de Usinas Hidrelétricas - DJALMA CASELATO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9506 - Estudo do Campo Elétrico Provocado por Linhas de Transmissão em Corrente Alternada - CELSO PEREIRA BRAZ, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9507 - Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação - SERGIO LUIZ PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9508 - Usinas Hidrelétricas em Rotação Ajustável: Novas Premissas para o Planejamento Energético - MARCO ANTONIO SAIDEL, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9509 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação de Subestações pela integração de Módulos de Software e Hardware Existentes no Mercado Brasileiro - L. C. MAGRINI, J. A. JARDINI, S. COPELIOVITCH, N. KABA FILHO
- BT/PEA/9510 - Proposta de um Modelo para Estudos de Aplicação de Compensadores Estáticos em Sistemas de Potência - JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, LUIS CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9511 - Metodologia e Testes para Redução das Distâncias Elétricas entre Fases de Barramentos de Subestações de 138kV Abrigadas, ANDRÉ NUNES SOUZA, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9512 - Avaliação da Severidade da Poluição para o Dimensionamento da Isolação das Redes Elétricas - ARNALDO G. KANASHIRO, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9513 - Processos Auto-Adaptativos para Cálculo de Campos Eletromagnéticos pelo Método dos Elementos Finitos - LUIZ LEBENSZTAJN, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9514 - Investigação Experimental sobre os Arcos Sustentados em Sistemas Elétricos de Baixa Tensão - FRANCISCO H. KAMEYAMA, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9515 - Fast Voltage Compensation: A Mean to Improve the Quality of Energy Supply - H. ARANGO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9516 - Modelo Avançado para Planejamento de Sistemas Energéticos Integrados Usando Recursos Renováveis - LUIZ ANTONIO ROSSI, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9601 - Metodologias para Planejamento de Sistemas de Distribuição: Estado-da-Arte e Aplicações - PAULO ROBERTO NAIM, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9602 - Integração de Relés Digitais em Sistemas de Automação de Subestação - JERÔNIMO CAMILO SOARES JR., JOSÉ A. JARDINI, LUIZ C. MAGRINI
- BT/PEA/9603 - Paradigma de Planejamento sob Incertezas - Aplicação ao Planejamento dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - ALBERTO BIANCHI JUNIOR, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9604 - Um Sistema de Controle de Velocidade para Motor de Indução Trifásico - CELSO KAZUMI NAKAHARADA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9605 - Controle Vetorial de Motores de Indução, Independente das Alterações de Parâmetros da Máquina - NERY DE OLIVEIRA JÚNIOR, WALDIR PÓ
- BT/PEA/9606 - Compactação de Subestações de 145 kV Através da Redução das Distâncias entre Fases - GERVASIO LUIZ DE CASTRO NETO, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9607 - Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas - RONALDO PEDRO CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9608 - Utilização de Curvas de Carga de Consumidores Residenciais Medidas para Determinação de Diversidade de Carga, e Carregamento de Transformadores de Distribuição - EDUARDO LUIZ FERRARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9609 - Comportamento Elétrico de Cabos Cobertos e Pré-Reunidos pelo Método dos Elementos Finitos - JOÃO JOSÉ DOS SANTOS OLIVEIRA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9701 - Repotenciação de Hidrogeradores: Uma Proposta de Metodologia de Análise e Implantação - FÁBIO SALOMÃO FERNANDES SÁ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.

- BT/PEA/9702 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação para um Sistema de Automação para um Centro de Operação da Distribuição - PAULO SÉRGIO MIGUEL SURUR, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9703 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição Utilizando Programação Matemática Probabilística - MARIÂNGELA DE CARVALHO BOVOLATO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9704 - Técnicas de Inteligência Artificial Aplicadas ao Problema de Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica - SALETE MARIA FRÖES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9705 - Aproveitamento Funcional de Sistemas de Controle e Proteção Digitais em Subestações de Distribuição - JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9706 - Avaliação de Algoritmo para Proteção Diferencial de Transformadores - LUÍS SÉRGIO PIOVESAN, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9707 - Sistema de Proteção para Falhas de Alta Impedância - CAIUS VINICIUS SAMPAIO MALAGODI, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9708 - Um Ambiente para Planejamento da Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - KLEBER HASHIMOTO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9709 - Análise do Custo - Benefício da Instalação de Equipamentos de Proteção em Redes Aéreas de Distribuição - ANTONIO CLAUDINEI SIMÕES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9710 - Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o Setor Elétrico - MIGUEL EDGAR MORALES UDAETA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9711 - Análise de Defeitos no Motor de Indução Trifásico para Predição de Falhas Incipientes - JOSÉ ANTONIO URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9712 - Gerenciamento de Transformadores de Distribuição com Análise na Perda de Vida - CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN, VLADIMIR DUARTE BELCHIOR
- BT/PEA/9713 - Uma Nova Metodologia para a Avaliação de Sistemas de Aterramento Metro-Ferrovíarios - JOSÉ AUGUSTO PEREIRA DA SILVA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9714 - Um Exemplo de Decomposição de Fluxos em Transformadores - NICOLAU IVANOV, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9715 - Custos de Transporte de Energia Elétrica - Análise de Metodologias - DÁRIO TAKAHATA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9716 - Bancada de Ensaios para a Avaliar o Comportamento de Acionamentos Controlados por Inversores PWM - JOSÉ ANTONIO CORTEZ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9717 - Integração de Técnicas de Diagnóstico de Falhas em Motores de Indução Trifásicos ao Sistema de Gerenciamento da Manutenção Industrial - JOSÉ A. URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9801 - Análise de Confiabilidade para Gerenciamento Operacional de Sistemas Automatizados de Pesagem Rodo-Ferroviária - RUBENS LOPES ROLIM, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9802 - Projeto de um Ondulador Híbrido e Estudo de Onduladores Derivados de Solenóide, para Utilização em Laser a Elétrons Livres - FRANCISCO SIRCILLI NETO
- BT/PEA/9803 - Configuração de Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Múltiplos Objetivos e Incertezas através de Procedimentos Heurísticos - CARLOS C. BARIANI DE OLIVEIRA, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9804 - Conceituação e Aplicação de Metodologia de Gerenciamento pelo Lado da Demanda em uma Empresa Distribuidora de Energia Elétrica - FERNANDO MONTEIRO DE FIGUEIREDO, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9805 - Acoplamento Circuito Elétrico - Método dos Elementos Finitos em Regime Transitório Utilizando a Metodologia de Dommel - NANCY MIEKO ABE, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9806 - Modelo de Arco Elétrico Aplicado ao Estudo da Interrupção da Corrente em Disjuntores de Média Tensão - LUCILIUS CARLOS PINTO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9807 - Proteção para Falta de Alta Impedância Utilizando o Sistema de Rádio Troncalizado - MARCO ANTONIO BRITO, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/9808 - Contribuição ao Estudo e Projeto dos Motores Síncronos de Relutância - IVAN EDUARDO CHABU, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9809 - Cabos Cobertos: Metodologia para a Determinação da Espessura da Cobertura - ANTONIO PAULO DA CUNHA, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9810 - Eletrificação Rural - Avaliações em São Paulo - MARCELO APARECIDO PELEGRINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9811 - Política de Eletrificação Rural em São Paulo - LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9812 - Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares - ANDRÉ LUIZ MONTEIRO ALVAREZ, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/9813 - Diretrizes para a Regulação da Distribuição de Energia Elétrica - JAMES S. S. CORREIA, LINEU BELICO DOS REIS

- BT/PEA/9814 - Distribuição da Tensão de Impulso em Enrolamentos de Transformadores de Distribuição - PEDRO LUÍS SANTUCCI DE MENDONÇA, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/9815 - Estudo Comparativo entre os Diversos Métodos de Determinação do Rendimento de Motores de Indução - FRANCISCO ANTONIO MARINO SALOTTI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9816 - A Nodal Analysis Approach Applied to Electric Circuits Coupling in Magnetodynamic 2D FEM - MAURÍCIO CALDORA COSTA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9817 - Informatização e Automação dos Órgãos Gestores de Mão de Obra - EDUARDO MARIO DIAS, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9818 - Frequência de Ocorrência de Sobretensões Originárias de Descargas Atmosféricas em Linhas de Distribuição - NELSON MASSAKAZU MATSUO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9819 - Um Método de Imposição de Pólos no Estudo da Estabilidade de Redes Elétricas a Pequenas Perturbações - PERCIVAL BUENO DE ARAUJO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9820 - Inter-Relação do Planejamento Agregado de Investimentos com o Planejamento Localizado de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - JUCEMAR SALVADOR SIMÕES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9821 - A Produção de Energia Através das Células de Combustível - JOSÉ LUIZ PIMENTA PINHEIRO, LINUE BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9822 - Automação de Processos - Revisão e Tendências - SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9823 - Metodologia para Seleção e Gerenciamento de Transformadores e Distribuição, Aplicando Técnicas de Redes Neutrais Artificiais - SE UN AHN, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9901 - Contribuição ao Modelamento e Simulação de Motores em Ímãs Permanentes e Comutação Eletrônica de Alta Rotação - WANDERLEI MARINHO DA SILVA, CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/9902 - Estudos de Sistemas de Potência e Automação: Plantas Industriais de Grande Porte - MAURÍCIO G. M. JARDINI, JOSÉ A. JARDINI
- BT/PEA/9903 - Synchronous Machines Parameters Identification Using Load Rejection Test Data - E. C. BORTONI, J. A. JARDINI
- BT/PEA/9904 - Identificação de Locais e Opções Tecnológicas para Implantação de Termoelétricas no Sistema Elétrico Brasileiro: Contribuição ao Estado da Arte e Aplicação ao Caso do Gás Natural - ELIANA APARECIDA FARIA AMARAL FADIGAS, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9905 - Sistema de Manutenção Preventiva de Subestações: Uma Abordagem Semântica para o Monitoramento Integrado - ELIAS ROMA NETO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9906 - Previsão das Perdas Magnéticas na Presença de Harmônicos - MARCELO S. LANCAROTTE, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9907 - Comportamento do Aterramento de Sistemas e Equipamentos de Distribuição sob Impulso - CLEVERSON LUIZ DA SILVA PINTO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9908 - Modelo de Sistema de Supervisão e Controle Operacional de Terminais de Contêineres - LEVI SALVI, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/9909 - Medição de Altas Correntes em Frequência Industrial: Instrumentação, Dispositivos de Medição e Calibrações - HÉLIO EIJI SUETA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/9910 - Conversores Auto-Comutados Aplicados em Derivações de Sistemas de Transmissão de Corrente Contínua e Alta Tensão - WILSON KOMATSU, WALTER KAISER
- BT/PEA/9911 - Análise de Desempenho de Sistemas de Aterramento em Alta Frequência pelo Método dos Elementos Finitos - ANGELO PASSARO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/9912 - Simulação de Motores "Shaded Pole": Uma Nova Abordagem Analítico-Numérica - PASCHOAL SPINA NETO, SILVIO IKUO NABETA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9913 - Estimadores de Estado para Sistemas de Potência: Análise do Estado da Arte - CLEBER ROBERTO GUIRELLI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9914 - Análise sobre o Comportamento de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas Utilizando o Método dos Elementos Finitos - SEBASTIÃO C. GUIMARÃES JR., LUCIANO MARTINS NETO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9915 - Automatização do Atendimento a Reclamações de Interrupção de Energia Elétrica - H. K. Kiyohara, L. C. Magrini, E. P. PARENTE, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9916 - Controle Digital de Tensão e Reativos - PAULA S. D. KAYANO, LUIZ CARLOS MAGRINI, LINEU BELICO DOS REIS, ANTONIO JOSÉ GOMES CARMO, ELIAS DE SOUZA NETO
- BT/PEA/9917 - Localizadores Digitais de Falhas em Linhas de Transmissão - CARLOS EDUARDO DE MORAIS PEREIRA, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9918 - Religamento Monopolar em Linhas de Transmissão - Propostas de Uma Ferramenta para Investigações Paramétricas - IVANIL POMPEU, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9919 - Viabilidade Técnica de Abertura Monopolar Permanente em Linhas de Transmissão Extra Alta Tensão - FABIANA AP. DE TOLEDO SILVA, JOSÉ ANTONIO JARDINI

- BT/PEA/9920 – Avaliação do U-Net em Custers com Rede My com Rede Myrinet – PAULO A. GEROMEL, SERGIO T. KOFUJI
- BT/PEA/9921 – SAG – Sistema de Apoio Gerencial via Internet – ADRIANO GALINDO LEAL, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9922 – Desequilíbrio de Tensão em Redes Secundárias de Distribuição – PAULO VINÍCIUS SANTOS VALOIS, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9923 – Sistema Não Lineares Controlados pela Lógica Difusa: Uma Aplicação em Acionamentos Constituídos por Motores Assíncronos – WERNER W. PACHECO LUJAN, CÍCERO COUTO MORAES
- BT/PEA/9924 – Arborescência em Cabos Elétricos de Média e Alta Tensão – JOÃO JOSÉ ALVES DE PAULA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/9925 – Estudo para Otimização de Desempenho de Plantas Industriais Automatizadas – ANTONIO ORLANDO UGULINO, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9926 – Simulação e Análise de Desempenho de Processos Visando a Otimização de Sistemas Integrados de Produção – CÍCERO COUTO DE MORAES, SERGIO LUIZ PEREIRA, JOSÉ ROBERTO R. DE GODOY
- BT/PEA/9927 – Automação Moderna de Processos: Análise de Necessidade, Viabilidade e Tendências Tecnológicas – SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9928 – Modelo de Compensação Série Controlada Aplicado ao Estudo do Amortecimento de Oscilações em Sistemas de Potência – JOSÉ ROBERTO PASCON, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9929 – Cálculo de Trajetórias de Elétrons em Estruturas Magnéticas – YASMARA CONCEIÇÃO DE POLLI, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/0001 – Monitoramento de Transformadores de Potência Direcionado à Manutenção com Base nas Condições – SERGIO COSTA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0002 – Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Estudos de Subestações de Alta Tensão Abrigadas Frente a Ensaios de Impulsos Atmosféricos – ANDRÉ NUNES DE SOUZA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0003 – Relé Diferencial para Transformador de Potência Implementado com uma Rede MLP – RICARDO CANELOI DOS SANTOS, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0004 – Minimização de Resíduos Sólidos Urbanos e Conservação de Energia – PAULO HÉLIO KANAYAMA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0005 – Modelamento de Conversores CC/CC por meio da Chave PWM – LUIZ FERNANDO P. DE MELLO, WALTER KAISER
- BT/PEA/0006 – Estudo de Surtos em Redes Secundárias de Distribuição Causados por Descargas Atmosféricas Diretas na Rede Primária – WELSON BASSI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEA/0007 – Modelagem da Magnetohidrodinâmica em 3D pelo Método de Elementos Finitos – SERGIO LUIS LOPES VERARDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0008 – Metodologia para Avaliação do Comportamento e Vida Útil de Motores Alimentados por Fontes Assimétricas de Tensão – JOSÉ LUIZ ANTUNES DE ALMEIDA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0009 – Esquema de Aterramento Híbrido (EAH) – FRANCISCO CARLOS PARQUET BIZZARRIA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0010 – Ferro-Ressnância em Redes Subterrâneas de Distribuição – REGINA LÚCIA LAMY, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0011 – A Análise do Ciclo de Vida e os Custos Completos no Planejamento Energético – CLÁUDIO ELIAS CARVALHO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0012 – A Agregação de Valor à Energia Elétrica através da Gestão Integrada de Recursos – ANDRÉ LUIZ VEIGA GIMENES, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0013 – Tochas a Plasma: Características Básicas para Projeto e Construção – MIGUEL BUSSOLINI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/0014 – Um Estudo de Correntes Induzidas em Meios Maciços Ferromagnéticos – Aplicação no Projeto de Freios de Correntes Parasitas – ALVARO BATISTA DIETRICH, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0015 – Incorporação de Sistemas de Co-Geração aos Sistemas Elétricos de Potência: Um Roteiro para Avaliação de Viabilidade Técnico-Econômica – LUIZ DONIZETI CLEMENTINO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0016 – Metodologia para Análise da Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia Elétrica em Baixa Tensão – ALEXANDRE ANGRISANO, RONALDO P. CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0017 – Análise de Índices de Qualidade no Planejamento Agregado de Investimentos em Ambiente de Incertezas – CARLOS ALEXANDRE DE SOUSA PENIN, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0018 – Controle de Descarregadores de Navios Utilizando Lógica Fuzzy – ANTONIO DAGOBERTO DO AMARAL JÚNIOR, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0019 – The Energy Absorption Capacity of Metal Oxide Surge Arresters An Approach for Switching Surges – MANUEL LUIS BARREIRA MARTINEZ, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR

- BT/PEA/0020 – Utilização Racional de Energia Elétrica em Instalações Elétricas Comerciais Empregando Sistemas de Automação – JOEL ROCHA PINTO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/0021 – Sistema Automatizado para Aquisição de Dados de Consumo de Energia Elétrica, Água e Gás – JOSÉ WALTER PARQUET BIZARRIA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0022 – Estudo de Ignitores de Pulsos Superpostos para Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão – ALEXANDER FERNÁNDEZ CORREA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0023 – Desenvolvimento de Medidor Eletrônico de Energia Elétrica de Custo Competitivo Associado a Estudos sobre Medições de Energia Elétrica – DOUGLAS ALEXANDRE DE A. GARCIA, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/0024 – Uma Visão Educacional do Método dos Elementos Finitos Aplicado ao Eletromagnetismo – LUIZ NATAL ROSSI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0025 – An Application of the Finite-Element Method to Desig a Switched Reluctance Motor – PEDRO P. DE PAULA, SÍLVIO I. NABETA, JOSÉ R. CARDOSO
- BT/PEA/0026 – Algoritmos de Alta Velocidade para a Proteção de distância de Linhas de Transmissão – ERVALDO GARCIA JÚNIOR, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/0027 – Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados para a Monitoração da Tensão em Regime Permanente – SILVIO XAVIER DUARTE, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0028 – Análise da Confiabilidade e Manutenibilidade de Topologias do Sistema de Telefonia Fixa – RICARDO ELIAS CAETANO, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0029 – Aspectos Tecnológicos Referentes à Repotenciação de Usinas Termoelétricas – MÁRCIO NESTOR ZANCHETA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR
- BT/PEA/0030 – Controle de Iluminação Utilizando Dimerização por Lógica Fuzzy, Compensando a Iluminação Natural – ANDRÉ VITOR BONORA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0031 – Identificação do Nível de Redundância das Medidas de um Sistema, para Efeito da Estimação de seus Estados – JOÃO BOSCO AUGUSTO LONDON JUNIOR, NEWTON GERALDO BRETAS
- BT/PEA/0101 – Aplicação do Controlador de Subestação a um Sistema Digital Integrado de Supervisão e Controle – RENATO CAMPANINI TEIXEIRA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0102 – Uma proposta de um Filtro Ativo de Tensão para Aplicações em Redes Elétricas – JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0103 – Causas de Falhas e Critérios de Reaproveitamento de Transformadores de Distribuição de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – MIGUEL ANGEL HERNANDEZ TORRES, MARCOS ROBERTO GOUVÊA
- BT/PEA/0104 – Um Sistema para Avaliação de Indicadores de Qualidade da Distribuição de Energia Elétrica – GERSON YUKIO SAIKI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0105 – Métodos de Análise de Sistemas de Aterramento de Linhas Metroviárias – ARMANDO DE OLIVEIRA ALVES DE SOUZA, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0106 – Caracterização de Acionamentos na Indústria de Beneficiamento de Minério de Ferro – FERNANDO MARCELO CALADO DE ANDRADE, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0107 – Impacto da Privatização das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica na Qualidade da Energia Suprida – MITSUO NITTA, ADERBAL DE AARUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/0108 – Estudo Comparativo de Ensaios de Chapa Única para Medidas de Perdas em Aços Elétricos – RONALDO ALVES SOARES, CARLOS SHINITI MURANAKA
- BT/PEA/0109 – Modelagem de Transformadores de Distribuição para Altas Frequências – ARNALDO G. KANASHIRO, ALEXANDRE PIANTINI, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/0110 – Análise e Localização de Descargas Parciais em Transformadores de Potências por Métodos Elétricos - HÉDIO TATIZAWA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/0111 – A Eletrificação Rural em São Paulo – Custos e Padrões – LUIZ FERNANDO KURAHASSI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0112 – A Escola Rural sem Luz em São Paulo - OSWALDO TADAMI ARIMURA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0113 – Eletrificação Rural no Novo Cenário: O Caso de São Paulo – LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0114 – Simulação do Aterramento em Sistemas MRT – OCTÁVIO FERREIRA AFFONSO, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0115 – Otimização do Dimensionamento de Equipamentos para Automação de Terminal de Contêineres – FÁBIO LOPES CARNELOS, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0116 – Sistema de Localização de Faltas para Redes Primárias de Distribuição – GIOVANNI MANASSERO JUNIOR, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0117 – Proteção de Distância para Linhas de Transmissão com Compensação Série – JOSÉ GERALDO BARRETO MONTEIRO DE ANDRADE, EDUARDO CESAR SENER

- BT/PEA/0118 – Proposta de Acionamento Microprocessado para Empilhadeira Elétrica – MARCO AURÉLIO VILELA DE OLIVEIRA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0119 – Técnicas “Anti-Windup” – LUIZ AUGUSTO PEREIRA FERNANDES, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0120 – Regulador de Tensão de Gerador – HERALDO SILVEIRA BARBUY, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0121 – Eficiência Operativa e Confiabilidade de Equipamentos Associados à Automação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – REINALDO BURIAN, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0122 – Cálculo de Forças sobre Ímãs Permanentes: Uma Análise do Problema 23 do Team Workshop – HÉLIO JOSÉ DAMANTE, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0123 – Análise de Guias de Ondas Ópticos pelo Método dos Elementos Finitos – MARCOS A. R. FRANCO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0124 – Transient Induced Voltage Computaction in a High Building Struck by Lightning – CARLOS A. F. SARTORI, A. ORLANDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0125 – Metodologia para Cálculo de Perdas Técnicas por Segmento do Sistema de Distribuição – ANDRÉ MÉFFE, CARLOS CÉSAR BARIONI DE OLIVEIRA
- BT/PEA/0126 – Calculo da Distribuição da Corrente de Falta em Sistemas de Aterramento de Redes Primárias – GILBERTO DE MAGALHÃES FALCOSKI, ADERBAL DE ARRUDA PENTAEDO JR.
- BT/PEA/0127 – Acionamento de Velocidade Variável Utilizando Motores de Corrente Alternada Assíncronos – JOSÉ ALBERTO MARQUES, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0201 – Unified Power Quality Conditioner with Energy Storing Module for Medium Voltage Adjustable Speed Drive – VALBERTO FERREIRA DA SILVA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0202 – Simulação de Marcha de Composição Ferroviária Acionada por Motores de Indução e PWM – CASSIANO LOBO PIRES, SILVIO IKUYO NABETA
- BT/PEA/0203 – Conservação de Energia Elétrica em Edificações Comerciais: Sistemas de Ar Condicionado com Central de Água Gelada – TEODORO MONGE DE AMORIM FILHO, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0204 – Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas – FERDINANDO CRISPINO, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0205 – Previsão de Carga em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Redes Neurais Artificiais – JORGE YASUOKA, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0206 – Correção de Distorções Harmônicas, em Sistemas Industriais, Através de Filtros Passivos - ANTONIO PESTANA NETO, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0207 – Proposta de Metodologia para Controle da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica a Partir da Segmentação do Mercado Consumidor em Famílias de Redes Elétricas – RODOLFO COLI DA CUNHA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0208 – Modelagens das Funções de uma Subestação Automatizada Empregando Modelos Orientados a Objetos – MILTHON SERNA SILVA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR
- BT/PEA/0209 – Automação de Instalações Elétricas Prediais Através da Internet – ROBSON REBOUÇAS CARDOSO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JUNIOR
- BT/PEA/0210 – Identificação Automática de Vagões na Área Portuária: Uma Solução com Análise de Imagens – EDUARDO MANTOVANI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0211 – Concepção de Sistema de Supervisão e Controle no Processo de Descarga Rodoviária em Terminais Portuários Utilizando Identificadores Automáticos de Veículos – ROGÉRIO COSTA DE OLIVEIRA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0212 – Metodologia para Análise de Perda de Vida Útil de Transformadores, Alimentando Cargas não Lineares – ARLINDO GARCIA FILHO, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0213 – Sistema de Automação para Gestão do Carregamento de Transformadores Baseado na Confiabilidade – JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0214 – A Conservação, Considerando Aspectos Relacionados à Qualidade de Energia Elétrica na Indústria Têxtil: Estudo de Caso – MÁRIO CÉSAR GIACCO RAMOS, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/0215 – Cálculo de Parâmetros Operacionais de Desempenho de Redes Primárias de Distribuição Utilizando Redes Neurais Artificiais – ANA MARIA GARCIA CABEZAS, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0216 – Análise Dinâmica de um Motor de Indução Linear pelo Método dos Elementos Finitos – EDUARDO FERREIRA DA SILVA, SILVIO IKUYO NABETA
- BT/PEA/0217 – Reômetro Rotativo de Taxa de Cisalhamento Imposta Acionado por Motor de Passo – SAMUEL E. DE LUCENA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0218 – Acionamentos com Motores Brushless para Sistemas de Ventilação de Emergência – RENATO DE ALMEIDA PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0219 – Retificador Trifásico de Alta Eficiência para Tochas de Plasma – MARIO GONÇALVES GARCIA JÚNIOR, LOURENÇO MATAKAS JÚNIOR

- BT/PEA/0220 – Impacto de Modelos de Mercado Espacial no Planejamento de Sistemas de Distribuição de Energia – MARIÂNGELA DE CARVALHO BOVOLATO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0221 – Proposta de Recuperador Dinâmico para Correção de Afundamentos de Tensão – FRANCISCO COSTA SARAIVA FILHO, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0222 – Análise Preditiva de Defeitos em Motores de Indução Trifásicos Utilizando a Corrente de Alimentação – JOSÉ DANIEL SOARES BERNARDO, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0223 – Cálculo de Iluminação Auxiliado por Computadores – NESTOR CÂNDIDO FERREIRA SEGUNDO, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0224 – Otimização de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Geração Distribuída – JAMEA CRISTINA BATISTA SILVA, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0301 – Algoritmo Digital para a Proteção da Interligação Concessionária – Indústria Operando em Sistemas de Cogeração – FRANCISCO ANTONIO REIS FILHO, EDUARDO C. SENER
- BT/PEA/0302 – Dimensionamento da Infra-Estrutura para Automação de Terminais de Granéis Sólidos – FABIO DEL PAPA, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/0203 – Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia para Estudos de Viabilidade de Plantas de Cogeração – RICARDO SHEIGI ABE, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/0304 – Applying Object-Oriented Technology to Project Hydroelectric Power Plant SCADA Systems – CARLOS ALBERTO VILLACORTA CARDOSO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0305 – Impactos Econômicos Causados pelos Distúrbios na Rede Básica de Energia Elétrica – JOSÉ JULIO DE ALMEIDA LINS LEITÃO, LINEI BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0306 – Fault Location in Transmission Lines Using One Terminal Post Fault Voltage Data – CARLOS EDUARDO DE MORAIS PEREIRA, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/0307 – Impactos da Aplicação de Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Habitações de Baixa Renda no Sistema de Distribuição de Energia Elétrica – LUIS VENTURA CASTELLS PEÑA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0308 – Análise e Melhoria do Controle Automático de Concentração de uma Planta de Ácido Nítrico Diluído – ELCIO RODRIGUES ARANHA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0309 – Criação de Valor na Avaliação de Projetos Termelétricos sob Condições de Risco no Mercado Brasileiro de Energia Elétrica – WAGNER DA SILVA LIMA, DOREL SOARES RAMOS
- BT/PEA/0310 – Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico como Instrumento de Apoio a Regulação da Energia Elétrica – LUIZ MARIO TORTORELLO, MARCOS ROBERTO GOUVÊA
- BT/PEA/0311 – Análise de Transientes em Motor de Indução Modelo ABC/abc Aplicado ao Modelamento e Simulação de Soft-Starters – LUIS CARLOS RIBEIRO DOS SANTOS – CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0312 – Modelamento Matemático e Análise do Funcionamento do Acionamento para Motores de Anéis em Cadeia Sub-Síncrona – SÉRGIO LUIZ VOLPIANO – CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0313 – Considerações do Ambiente Eletromagnético Urbano na Análise de Interferências Eletromagnéticas em Veículos Automotores – GLÁUCIO SANTOS – CARLOS ANTONIO FRANÇA SARTORI
- BT/PEA/0314 – Contribuição a Aplicação das Wavelets na Eletrostática – ALDO ARTUR BELARDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0315 – Avaliação Ponderada da Hidreletricidade e Termoeletricidade Através dos Custos Completos – JULIO HENRIQUE BOARATI, MIGUEL EDGAR MORALES UDAETA
- BT/PEA/0401 – Previsão Espacial de Carga em Sistemas de Distribuição Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial e Plataforma GIS – FRANZ HENRY PEREYRA ZAMORA, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0402 – Modeling of Impulse Stressed Distribution Transformer Winding Oriented to Maintenance Purposes – PEDRO LUIS SANTUCCI DE MENDONÇA, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/0403 – Sistema para o Gerenciamento de Imóveis e Ocupação das Faixas de Linhas de Transmissão Utilizando Dados Georreferenciados e de Sensoriamento Remoto – MAURICIO GEORGE MIGUEL JARDINI, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0404 – Proposta de Novas Topologias de Conversores "C-DUMP" para o Acionamento de Motores e Geradores de Relutância Chaveados – WANDERLEI MARINHO DA SILVA, CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0405 – Proposta de Aplicação de Motor de Indução Linear Tubular na Extração de Petróleo – BERNARDO PINHEIRO DE ALVARENGA, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0406 – Aplicação da Automação Elétrica no Controle de Temperatura de Grandes Edifícios – MARLENE DA SILVA BOSCATTO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0407 – Metodologia de Segurança para Intercâmbio Eletrônico de Documentos Aplicado ao Sistema Portuário Brasileiro – LEVI SALVI, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/0408 – Proposta de um Novo Protocolo de Comunicação para a Saída Serial de Usuário de Medidores de Energia Elétrica – ANDRÉ LUIZ MONTERO ALVAREZ, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0409 – Estimativa de Estado da Rede Durante Variações de Tensão de Curta Duração para o Monitoramento de Qualidade de Energia Elétrica – TANIA PAOLA LEDESMA ARANGO, NELSON KAGAN

BT/PEA/0410 – Algoritmo Baseado em Redes Neurais Artificiais para a Proteção de Distância de Linhas de Transmissão –
RICARDO CANELOI DOS SANTOS, EDUARDO CESAR SENGER

