



Projeto de P&D

# Sistema Inteligente para Controle da Malha de Potência de UTE

## **Relatório Atividades**

### **Descrição:**

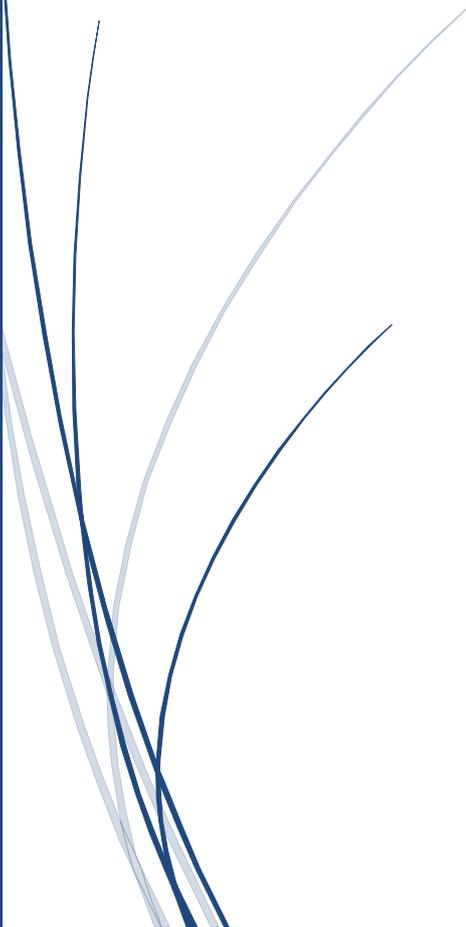
Relatório Final das Atividades Realizadas no Projeto

### **Relatório CEPASA**

F01/ Revisão 00

### **Código ANEEL**

PD-05428-0218/2018



# Projeto de P&D

Sistema Inteligente para Controle da Malha de Potência de UTE

Relatório Final

Atividades Realizadas no Projeto

**Relatório CEPASA**  
F01 / Revisão 00

Relatório Elaborado por:

---

**Erik Leandro Bonaldi**  
Coordenador do Projeto  
Instituto Gnarus

---

**Herbert Marques**  
Gerente do Projeto  
UTE Palmeiras de Goiás

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1	IDENTIFICAÇÃO DAS ENTIDADES E RESPECTIVAS EQUIPES EXECUTORAS .....	1
1.2	HISTÓRICO DA LINHA DE PESQUISA .....	3
<b>2.</b>	<b>Apresentação do Projeto .....</b>	<b>3</b>
2.1	OBJETIVO DO PROJETO .....	3
2.2	PALAVRAS-CHAVES .....	4
2.3	JUSTIFICATIVA DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	4
<b>3.</b>	<b>Etapas Desenvolvidas neste Projeto .....</b>	<b>5</b>
3.1	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES .....	5
3.2	DESCRIÇÃO MENSAL DAS ETAPAS .....	7
3.2.1	Etapa 1 - Revisão bibliográfica das técnicas de processamento .....	7
3.2.2	Etapa 2 - Estudo do supervisório.....	10
3.2.3	Etapa 3 - Análise do histórico de dados .....	19
3.2.4	Etapa 4 - Desenvolvimento da estratégia de controle .....	25
3.2.5	Etapa 5 - Simulação computacional da estratégia de controle .....	34
3.2.6	Etapa 6 - Especificação e aquisição dos insumos para implementação da estratégia de controle.....	43
3.2.7	Etapa 7 - Instalação e teste dos insumos .....	46
3.2.8	Etapa 8 - Desenvolvimento da estratégia de controle no ambiente do supervisório da usina .....	59
3.2.9	Etapa 9 - Teste e acompanhamento da estratégia de controle.....	63
3.2.10	Etapa 10 - Montagem da documentação final.....	74
3.2.11	Etapa 11 - Transferência tecnológica .....	74
<b>4.</b>	<b>Apresentação dos Estudos e Desenvolvimentos Iniciais .....</b>	<b>75</b>
4.1	ESTUDO DO HISTÓRICO DE DADOS .....	75
4.1.1	Análise dos Dados .....	76
4.1.2	Mecanismo de Classificação dos Dados .....	81
4.1.3	Análise com Algoritmo Inteligente .....	84
4.1.4	Análise Dinâmica dos Dados .....	92
4.2	DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE CONTROLE.....	107
4.2.1	Metodologia da Construção da Estratégia de Controle .....	108
4.2.2	Supervisório de Simulação da Estratégia de Controle .....	111
<b>5.</b>	<b>Contribuições e Originalidade do Projeto .....</b>	<b>114</b>
5.1	ESTUDO DE ANTERIORIDADE.....	114
5.2	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA AO ESTADO-DA-ARTE .....	115
5.2.1	AHP Tradicional .....	117
5.2.2	Proposição do Método Processo de Análise Hierárquica Modificado .....	120
5.2.2.1	Alternativas e Critérios.....	121
5.2.2.2	Contribuição e Originalidade do MAHP.....	121

5.2.3	Cálculos Adicionais Desenvolvidos para o MAHP .....	123
5.2.3.1	Método das Potências .....	123
5.2.3.2	Cálculo do Grau de Inconsistência .....	125
5.3	ORIGINALIDADE DO PRODUTO .....	126
5.3.1	Implementação do MAHP .....	126
5.3.1.1	Pré-Operação: Avaliação da Matriz de Critérios .....	127
5.3.1.2	Sala de Controle: Estratégia de Classificação .....	131
5.3.1.3	Detalhes de Implementação do MAHP na CEPASA .....	133
5.3.2	Novos Dispositivos Instalados no Sistema Supervisório .....	149
5.3.2.1	Sistema Supervisório Original da CEPASA .....	149
5.3.2.2	Descrição dos Novos Dispositivos Instalados na CEPASA .....	165
5.3.3	Topologia do Sistema Supervisório Adicional .....	177
5.3.3.1	CPLs Escravos e sua Programação .....	178
5.3.3.2	CPL Mestre e sua Conexão com o Banco de Dados .....	182
5.3.4	Relacionamento do Sistema Supervisório Adicional e o Banco de Dados .....	183
5.3.4.1	Conexão com o Banco de Dados Existente na CEPASA .....	184
5.3.4.2	Criação do Banco de Dados Espelho .....	188
5.3.4	Inexistência de Produto Similar no Mercado .....	191
<b>6.</b>	<b>Aplicabilidade do Projeto .....</b>	<b>193</b>
6.1	ABRANGÊNCIA DA APLICAÇÃO .....	193
6.1.1	Aplicabilidade da Técnica Desenvolvida a Outros Problemas .....	193
6.1.2	Aplicabilidade do Produto Desenvolvido .....	194
6.1.2.1	Apresentação da Instalação do Produto na CEPASA .....	194
6.1.2.2	Integração com o Banco de Dados Existente na CEPASA .....	198
6.1.2.3	Análise da Possibilidade de Utilização do Produto em outras Instalações .....	201
6.2	TESTES DE FUNCIONALIDADE .....	207
6.2.1	Testes Controlados em Laboratório de Modelo Reduzido .....	207
6.2.2	Simulações Computacionais com Dados Reais .....	214
6.2.3	Testes em Campo .....	226
6.2.3.1	Equipamentos de monitoramento .....	226
6.2.3.2	Supervisório de ranqueamento .....	227
6.2.3.3	Ferramenta de geração das regras de controle .....	229
<b>7.</b>	<b>Contribuições e Relevância do Projeto .....</b>	<b>232</b>
7.1	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS ECONÔMICOS .....	232
7.1.1	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Produtividade .....	232
7.1.2	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Qualidade do Fornecimento .....	234
7.1.3	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Gestão de Ativos .....	235
7.1.4	Contribuições e Impactos Econômicos ligados ao Mercado de Energia .....	236
7.1.5	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Eficiência Energética .....	237
7.2	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS TECNOLÓGICOS .....	237
7.2.1	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Infraestrutura Laboratorial .....	238
7.2.2	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Propriedade Industrial .....	239
7.2.3	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados ao Registro de Programas Computacionais .....	244
7.2.3.1	Programa Sistema Supervisório Complementar .....	244
7.2.3.2	Programa Controle do Banco de Dados da CEPASA .....	246

7.2.4	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Transferência de Conhecimento e à Capacitação Técnica e Tecnológica .....	248
7.3	CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....	250
7.3.1	Contribuições Científicas relacionadas à Produção Técnico-Científica .....	250
7.3.2	Contribuições Científicas relacionadas à Titulação em Programas de Pós-Graduação .....	252
7.4	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS .....	253
7.4.1	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Ambientais .....	253
7.4.2	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Sociais .....	254
7.4.3	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados ao Desenvolvimento de Novas Atividades Socioeconômicas.....	255
7.4.4	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Benefícios para a Sociedade .....	256
<b>8.</b>	<b>Recursos Empregados e Justificativas .....</b>	<b>258</b>
8.1	RELAÇÃO DOS VALORES DAS RUBRICAS DAS EXECUTORAS.....	258
8.2	CARGA HORÁRIA DOS PESQUISADORES DO PROJETO DAS EXECUTORAS .....	259
8.3	DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL DE CONSUMO .....	261
8.4	DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL PERMANENTE E EQUIPAMENTOS .....	262
8.5	DESPESAS DA RUBRICA DE SERVIÇO DE TERCEIROS.....	263
8.6	DESPESAS DA RUBRICA DE VIAGENS E DIÁRIAS.....	264
8.6	DESPESAS DA RUBRICA OUTROS .....	265
8.7	RELAÇÃO DAS NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO INSTITUTO GNARUS E IATI .....	267
<b>9.</b>	<b>Razoabilidade dos Custos.....</b>	<b>269</b>
9.1	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	269
<b>10.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>272</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>276</b>
11.1	PEDIDO DE PATENTE DE INVENÇÃO JUNTO AO INPI .....	276
11.2	REGISTRO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL 1 .....	327
11.3	REGISTRO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL 2 .....	338
11.4	SLIDES DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA .....	349
11.5	ARTIGO NA BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY .....	390
11.6	DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (PÁGINAS INICIAIS) .....	409
11.7	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA MATERIAL DE CONSUMO.....	422
11.8	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA MATERIAL PERMANENTE E EQUIPAMENTOS.....	442
11.9	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA SERVIÇOS DE TERCEIROS.....	447
11.10	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA VIAGENS E DIÁRIAS.....	464
11.11	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA OUTROS .....	488
11.12	NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO INSTITUTO GNARUS .....	497
11.13	NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO IATI .....	515