



# **OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS E TAREFAS DAS INSTALAÇÕES DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Engenharia da Computação**

**Nome do Aluno : Roberto Barreto Sampaio**  
**Orientador: Prof. Joabe Bezerra de Jesus Júnior**



**UNIVERSIDADE  
DE PERNAMBUCO**

**Universidade de Pernambuco  
Escola Politécnica de Pernambuco  
Graduação em Engenharia de Computação**

**ROBERTO BARRETO SAMPAIO**

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS E  
TAREFAS DAS INSTALAÇÕES DE  
SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

**Recife, dezembro de 2011.**

### MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

#### Avaliação Final (para o presidente da banca)\*

No dia 19 de Dezembro de 2011, às 10:00 horas, reuniu-se para deliberar a defesa da monografia de conclusão de curso do discente ROBERTO BARRETO SAMPAIO, orientado pelo professor Joabe Bezerra de Jesus Júnior, sob título OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS E TAREFAS DAS INSTALAÇÕES DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA, a banca composta pelos professores:

**Maria Lencastre Pinheiro de Menezes Cruz**

**Joabe Bezerra de Jesus Júnior**

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

Aprovada       Aprovada com Restrições\*       Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 9,0 ( *nove* )

\*(Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O discente terá 7 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.

MARIA LENCASTRE PINHEIRO DE MENEZES CRUZ

JOABE BEZERRA DE JESUS JÚNIOR

\* Este documento deverá ser encadernado juntamente com a monografia em versão final.

*Dedico este trabalho ao meu avô Louro  
(em memória) por me ensinar a  
encarar a morte com bom humor.*

# Agradecimentos

A minha família pelo incentivo nos estudos.

Aos professores do eComp(UPE) pelo aprendizado oferecido.

Aos professores Dr.Meuser Valênça, Dr. Sérgio Campello, Dr. Carmelo Bastos Filho e Dr. Franciso Madeiro Jr pela contribuição na área de Engenharia.

Ao meu orientador, professor Joabe Jesus pelos ensinamentos, sua dedicação, sua paciência e aperfeiçoamento deste trabalho.

A Bruno Montenegro, amigo, parceiro, sócio e idealizador desta proposta.

A Raíssa Monteiro e família.

Aos amigos Rodrigo Teoria, Ricardo, Heron, David, Kenelly, Andrea, Deborah, Paulo Roger, Marcelo, Thiego, Arlington, Alana, Erick, Dênis, Edgar, Ronaldo, Leandro, Rodrigo Mendes, Daniel Barlavento, Laís Xavier, Domingos Beserra e outros que contribuíram para conclusão deste projeto e não foram citados por displicência.

Que este trabalho possa beneficiar as pessoas e ser útil de alguma forma.

# Resumo

O desenvolvimento de sistemas computacionais para prevenção de falhas humanas em sistemas elétricos de potência (SEP) não é uma tarefa trivial. Uma das principais tarefas de um operador de instalação (OPI) dentro de um SEP é executar determinadas manobras de forma segura e confiável. Por se tratarem de atividades mecânicas, os encarregados dessas atividades estão sujeitos a erros, devido não só a uma possível distração do trabalho rotineiro como também negligência aos roteiros de manobra. Além disso, até mesmo a manipulação de equipamentos com nomenclaturas semelhantes podem levar a falhas. Falhas são inadmissíveis em sistema elétricos de potência. Tais falhas podem ocasionar danos não só à população, como gerar prejuízo financeiro para a estação geradora de energia.

Esse problema pode ser observado com o olhar mais contemplativo sobre os processos, as atividades e tarefas do OPI e não apenas os resultados que tais profissionais produzem em seus ambientes de trabalho. Este trabalho propõe uma melhoria de processos de negócios, analisando, testando e otimizando o ciclo de atividades dos colaboradores em suas respectivas instalações. Com uma descrição formal de cada atividade é possível, através da gestão de processos de negócios (BPM), propor um ciclo de atividades mais adequado para o OPI. O resultado é uma modelagem de processos que otimizará a prevenção de falhas humanas dentro de uma SEP. Essa modelagem servirá como base para o desenvolvimento e implementação de um futuro sistema computacional em instalações elétricas. Através do estudo de caso, é possível obter uma visão de como os empregados são designados para exercer cada função. Porém, é necessária uma análise detalhada de cada atividade, a fim de se perceber e adotar a melhor estratégia de ação para cada contexto.

# Abstract

The development of computer systems to prevent human errors in electric power systems is not a trivial task. One of the main tasks of an operator of an installation in a SEP is to perform certain maneuvers safely and reliably. Since they are mechanical activities, those in charge of these activities are subject to errors due not only to a possible distraction from the routine work, as well as neglect of routes for maneuver. Moreover, even the manipulation of equipment with similar classifications can lead to failure. Such failures can cause damage not only the population, as generate financial losses for the power station. Failures are inadmissible in electric power system. This problem can be observed with the more contemplative look on the processes, activities and tasks of operator, and not just the results that they produce in their professional work environments.

This work proposes an improvement of business processes, analyzing, testing and optimizing the cycle of activities of employees in their respective installations. With a formal description of each activity is possible, through business process management (BPM), propose a cycle of activities best suited for the operator. The result is a process modeling to optimize the prevention of human errors in a SEP. This model will serve as the basis for development and implementation of a future computer system in electrical installations. Through the case study, we can get a view of how employees are designated to perform each function. However, detailed analysis is required for each activity, in order to understand and adopt the best strategy of action for each context.

# Sumário

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	2
1.2	Estrutura do documento	3
<b>Capítulo 2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>4</b>
2.1	Sistema Elétrico de Potência (SEP)	4
2.1.1	Operação de um sistema elétrico de potência	5
2.1.2	Perfis dos Participantes em Operações de Manobras	10
2.2	Processos de negócios	11
2.2.1	Gestão de processos de negócios (BPM)	14
2.2.2	BPMN	18
<b>Capítulo 3</b>	<b>Modelagem e Otimização dos Processos de Negócio de um SEP</b>	<b>20</b>
3.1	Processos de Negócio de um SEP	20
3.1.1	Modelo <i>AS IS</i>	22
3.1.2	Análise do modelo <i>AS IS</i>	26
3.1.3	Modelo <i>TO BE</i>	28
3.1.4	Sistema Computacional SAPF	30
<b>Capítulo 4</b>	<b>Estudo de caso</b>	<b>36</b>
4.1	Fluxo de execução de manobras com o SAPF	36
4.1.1	Pré-operação	36

4.1.2	Operação e pós operação	39
<b>Capítulo 5</b>	<b>Conclusão e Trabalhos Futuros</b>	<b>41</b>
5.1	Discussão	41
5.2	Limitações	42
5.3	Trabalhos futuros	42
<b>Apêndice A</b>	<b>Exemplo de Roteiro de Manobra</b>	<b>47</b>

# Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	Evolução de um sistema elétrico de potência ao longo do tempo. ....	1
<b>Figura 2.</b>	Representação esquemática de geração, transmissão , distribuição e consumo de energia elétrica (DA CUNHA, 2011).....	5
<b>Figura 3.</b>	Diagrama unifilar simplificado.....	6
<b>Figura 4.</b>	Representação de um diagrama unifilar completo de um SEP.....	6
<b>Figura 5.</b>	Representação de um painel de controle. ....	8
<b>Figura 6.</b>	Representação genérica da arquitetura de sistemas SCADA. ....	10
<b>Figura 7.</b>	Organização orientada a processos. ....	12
<b>Figura 8.</b>	Atividades em um ciclo de vida de processos com BPM (NETO e JUNIOR, 2008).....	16
<b>Figura 9.</b>	Exemplo de um processo otimizado com BPM.....	19
<b>Figura 10.</b>	Processo de Negócio Operação de Manobra (modelo <i>AS IS</i> ). ....	24
<b>Figura 11.</b>	Subprocesso Procede normalização (RTM) (modelo <i>AS IS</i> ). ....	25
<b>Figura 12.</b>	Processo de Negócio Operação de Manobra (modelo <i>TO BE</i> ). ....	29
<b>Figura 13.</b>	Subprocesso Procede normalização (RTM) (modelo <i>TO BE</i> ).....	30
<b>Figura 14.</b>	Representação da arquitetura do sistema proposto.....	31
<b>Figura 15.</b>	Esboço de interface do usuário do sistema SAPF .....	32
<b>Figura 16.</b>	Esboço de visualização de recebimento de mensagens de manobra....	37
<b>Figura 17.</b>	Esboço de visualização de mensagens no perfil de Administrador .....	37
<b>Figura 18.</b>	Esboço de tela da operação de agendamento de manobras.....	38

<b>Figura 19.</b>	Esboço de solicitação dos arquivos de registros de manobra. ....	39
<b>Figura 20.</b>	Esboço de visualização de registros de uma SE. ....	40

# Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.</b>	Código de equipamento do primeiro dígito do dispositivo. ....	7
<b>Tabela 2.</b>	Referência do nível de tensão de operação. ....	7
<b>Tabela 3.</b>	Tabela referente com referencias para chaves seccionadoras .....	8
<b>Tabela 4.</b>	Participantes da Operação de uma SEP. ....	10
<b>Tabela 5.</b>	Análise de um processo de operação de um SEP. ....	21
<b>Tabela 6.</b>	Atribuições aos colaboradores do sistema. ....	32

# Tabela de Símbolos e Siglas

ADM - Administrador do Sistema

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BP - Business Process

BPM - Business Process Management

BPMN - Business Process Modeling Notation

DM - Departamento de manutenção

ENI - Encarregado de instalação

IHC - Interface-humano-computador

LT - Linhas de transmissão

OPI - Operador de instalação

OPS - Operador de Sistema

PGM - Programa de manobras

RTM - Roteiros de manobra

SAPF - Sistema de Apoio a Prevenção de Falhas Humanas na Operação do SEP

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SE - Subestações de energia elétrica

SEP - Sistemas elétricos de potência

SOA - Service Oriented Architecture

# Capítulo 1

## Introdução

Na história da humanidade, a energia elétrica oferece, desde a sua descoberta, qualidade de vida, novas formas de trabalho e condições para o desenvolvimento econômico. A eletricidade é a forma dominante de energia moderna para telecomunicações, tecnologia da informação e produção de bens e serviços. Além disso, a praticidade e o conforto trazidos pela energia elétrica faz com que a sociedade moderna torne-se cada vez mais dependente do seu fornecimento. Essa dependência é contrabalanceada por um alto grau de exigência dos usuários na qualidade de fornecimento de energia (LEÃO, 2009).

No século XIX durante a revolução industrial, a busca incessante por sistemas elétricos que fornecessem energia aos consumidores de maneira estável, se tornou um desafio para as companhias fornecedoras de eletricidade. Em paralelo, ocorreram alguns avanços na ciência que posteriormente ajudariam a diminuir a dificuldade em oferecer eletricidade de maneira eficiente. Cientistas como Thomas Edison, André-Marie Ampère, Charles Brush, Werner Von Siemens, Nikola Tesla e William Stanley projetaram e/ou idealizaram dispositivos e técnicas que viriam a ser a base fundamental dos atuais sistemas elétricos (ABREU, OLIVEIRA e GUERRA, 2010) (GLOVER, SARMA, *et al.*, 2008). A Figura 1 resume essa evolução:



**Figura 1.** Evolução de um sistema elétrico de potência ao longo do tempo (EDP IN BRAZIL GROUP, 2007).

No Brasil, a primeira companhia elétrica foi inaugurada em 1879 e foi nomeada como Estação Ferroviária D.Pedro II (EDP IN BRAZIL GROUP, 2007). Nessa

época a potência instalada no Brasil girava em torno de 350 W. Durante a segunda guerra mundial, o sistema elétrico foi impulsionado com a construção das usinas de Paulo Afonso I (que gerava uma potência elétrica em torno de 180 MW), Furnas e Três Marias. Nos seus 100 anos de existência, os sistemas elétricos brasileiros, em sua grande parte associados à obtenção de energia vinda de recursos hídricos (88% da potência e 94% da energia gerada em 1999), gerou cerca de 5.000 TWh, quantidade de energia que, na geração exclusivamente térmica, corresponde a mais da metade da reserva brasileira de petróleo, avaliada em 20 bilhões de barris (FERREIRA, 2011).

A operação de uma SEP passou a constituir uma tarefa complexa que envolve muitos parâmetros, podendo ser comparada a um sistema de controle de tráfego aéreo (GEUS e DOMETERCO, 2004). Nesse contexto, as decisões de engenheiros e operadores devem ser rápidas, geralmente em questões de horas ou minutos, já que o sistema funciona em tempo real.

Semelhante aos sistemas desenvolvidos para outros setores industriais, a automação do setor elétrico, objetivando o aumento da segurança e da eficiência, resultou em equipamentos mais sofisticados. Entretanto, estes equipamentos demandam mais atenção dos operadores, que passam a não só operar, mas também monitorar um conjunto cada vez maior de equipamentos. Esta situação resulta no aumento da carga cognitiva e em ambientes mais propícios ao erro (LIMA, DEC, *et al.*, 2006). Em sistemas críticos como o SEP, falhas são inadmissíveis e podem causar danos não só para população, mas prejuízo financeiro para própria geradora de energia (PREVOST, AUBIN, *et al.*, 2007).

## 1.1 Objetivos

O desenvolvimento de sistemas computacionais para apoiar a prevenção de falhas humanas num SEP não é uma tarefa trivial. Um bom projeto baseado na concepção de tarefas e processos executados pelos participantes do sistema pode ajudar na diminuição de acidentes. Tem-se então a necessidade de abordar tal problema com o olhar mais contemplativo sobre os processos, atividades e tarefas, e não apenas

os resultados que tais profissionais produzem em seus ambientes de trabalho (AVOURIS, 2000).

Esse trabalho propõe um fluxo de atividades mais adequado na operação de manobras num SEP através da gestão de processos de negócios (*Business Process Management* – BPM) (TREAT, 2006) . Tais operações são definidas em um modelo BPM a partir do cenário atual (modelo *AS IS*) e posteriormente redefinidas usando um cenário otimizado (modelo *TO BE*). Esses modelos são analisados, monitorados , testados e comparados com uso da ferramenta Bizagi. Assim, é possível apontar quais os pontos críticos que dificultam a execução de manobras num SEP.

## 1.2 Estrutura do documento

Este trabalho está dividido em cinco capítulos:

- **Capítulo 2** : apresenta uma descrição sobre a operação de manobras em um SEP , revisão bibliográfica sobre processos e a gestão de negócio usando a modelagem e BPM.
- **Capítulo 3** : detalhamento do modelo de processos atual e da proposta de otimização para esse conjunto de operações.
- **Capítulo 4** : aborda um estudo de caso entre o cenário convencional e o cenário otimizado.
- **Capítulo 5** : conclusões sobre o tema abordado, limitações encontradas e uma discussão sobre trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

Nesse capítulo, são abordados alguns fundamentos necessários para o entendimento do problema discutido anteriormente, além dos conceitos envolvidos na otimização sugerida neste trabalho. A seção 2.1 apresenta uma breve descrição do funcionamento de um sistema elétrico de potência (SEP), os participantes envolvidos e suas respectivas ações no sistema. Na seção 2.2 são discutidos alguns termos técnicos. Já na seção 2.3, são abordados os processos de melhoria de negócios, como e porque usá-los.

### 2.1 Sistema Elétrico de Potência (SEP)

Existem algumas definições informais para o conceito de SEP, dentre elas:

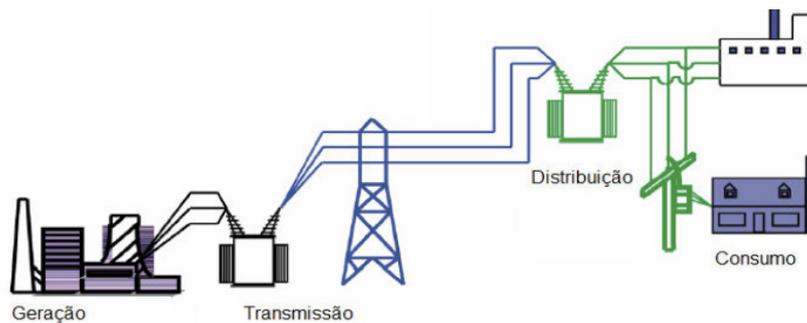
“Um sistema elétrico de potência é constituído por usinas geradoras, linhas de alta tensão de transmissão de energia e sistemas de distribuição” (ZANETTA JUNIOR., 2006) .

“Um sistema elétrico de potência é uma rede de componentes interconectados projetados para converter continuamente energia não-elétrica em energia elétrica, transportar a energia elétrica por distâncias potencialmente grandes, transformar a energia elétrica em uma forma específica sujeita a estreitas tolerâncias, e converter a energia elétrica transformada em uma forma não-elétrica utilizável” (GROSS, 1986) .

“Um sistema elétrico compreende centenas de equipamentos interligados entre si e se desenvolvem por extensas áreas territoriais. Estes sistemas são planejados ,construídos e operados de modo a atender os tipos de cargas mais variados“ (COURY, 2002).

As definições anteriores são complementares, mas possuem diferentes níveis de detalhamento de sua composição. A definição a seguir caracteriza bem cada um dos segmentos do sistema elétrico:

“Os sistemas elétricos são tipicamente divididos em segmentos como: geração, transmissão, distribuição, utilização e comercialização“ (LEÃO, 2009). A Figura 2 ilustra os principais segmentos envolvidos.



**Figura 2.** Representação esquemática de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica (DA CUNHA, 2011).

### 2.1.1 Operação de um sistema elétrico de potência

A recomposição de um SEP após um desligamento e/ou manutenção, é uma tarefa complexa para os operadores. Segundo Coury (COURY, 2002), a operação do sistema é o processamento de todas as informações sobre seu desempenho, bem como a tomada de decisão sobre onde serão executadas manobras (abertura de chaves ou disjuntores, retirada de linhas ou equipamentos sob falta, etc) que garantirão a continuidade na disponibilidade de grandes blocos de energia para as distribuidoras através da coordenação do sistema. Tal coordenação corresponde à análise de ações como liberação de equipamentos para serviços das equipes de manutenção de linhas, estações, proteção e comunicação. □

Segundo LIMA *et al.* (LIMA, DEC; *et al.*, 2006), os sistemas elétricos podem ser categorizados como sistemas críticos, pois falhas podem resultar em perdas econômicas significativas, danos físicos ou ameaças à vida humana. Assim, uma interface do sistema que esteja inadequada ou confusa pode resultar em uma interpretação errada do operador e induzir erros durante a tomada de decisões.

A representação de equipamentos de um SEP tais como transformadores de potência, linhas de transmissão, chaves de manobra e o sistema de distribuição, podem ser simplificados em um diagrama. Esse esquema é chamado de **diagrama unifilar**, que equivale ao circuito elétrico trifásico presente no pátio da instalação. Assim, os componentes são representados de forma padronizada. Cada dispositivo possui um identificador único evitando quaisquer ambiguidades entre eles. O diagrama unifilar é essencial, pois fornece de maneira precisa os dados sobre cada equipamento e sua respectiva nomenclatura. A Figura 3 apresenta um diagrama unifilar simplificado.

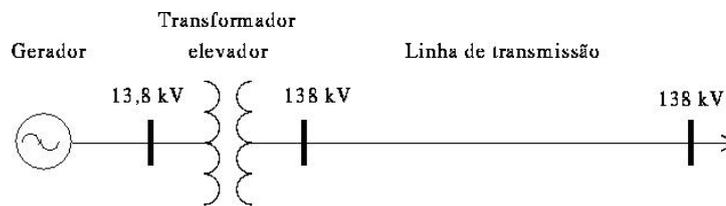
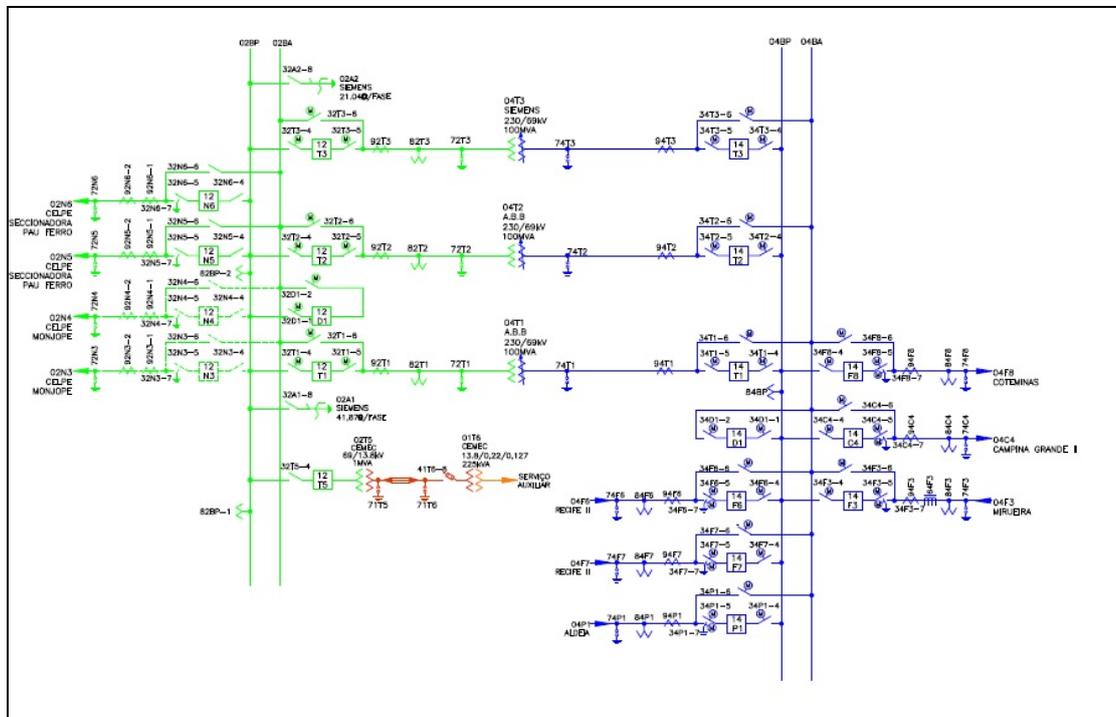


Figura 3. Diagrama unifilar simplificado

A Figura 4 exemplifica um diagrama unifilar completo de uma subestação.



Um SEP é formado por um conjunto de subestações de energia elétrica (SE). As SE se intercomunicam de maneira confiável e segura, considerando os diversos níveis de tensão ao longo das linhas de transmissão (LT) que são ligações entre cada região elétrica (SILVA, 2011). Uma SE é um conjunto de equipamentos ou itens, isto é: máquinas, aparelhos e circuitos, estes têm a finalidade de adequar a níveis econômica e tecnicamente viáveis os parâmetros de tensão e corrente das linhas e sistemas as quais está ligada, bem como a de permitir a distribuição de energia nas mesmas (DE SOUSA, 2007). Cada item do diagrama unifilar é definido de acordo com sua função no sistema e obedecem algumas regras. Tem-se por exemplo, o equipamento de código 32T1-5 que apresenta as seguintes características:

- O primeiro dígito – 3 – indica o tipo de equipamento segundo a Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1.** Código de equipamento do primeiro dígito do dispositivo.

Código	Equipamento
0	Linha de transmissão, transformador ou barramento
1	Disjuntor
2	Transformador
3	Chave seccionadora
7	Para raio
8	Transformador de tensão (medidor de tensão)
9	Transformador de corrente (medidor de corrente)

- O segundo dígito – 2 – indica o nível de tensão que o equipamento opera, de acordo com a Tabela 2 a seguir:

**Tabela 2.** Referência do nível de tensão de operação.

Código	Tensão de Operação
1	13,8 kV
2	69 kV
3	140 kV
4	230 kV
5	500 kV

- O terceiro e o quarto dígito indicam qual equipamento as chaves se referem o nome do circuito a que o equipamento está ligado, neste exemplo em particular, ao transformador T1.
- Por fim, o quinto dígito só é presente em chaves seccionadoras para indicar qual a finalidade da chave no circuito, a exemplo da Tabela 3 a seguir:

**Tabela 3.** Tabela referente com referências para chaves seccionadoras

Código	Finalidade
1	chave de transferência de barramento
2	chave de transferência de barramento
4	chave de saída do barramento
5	chave de saída de linha
6	chave de <i>by-pass</i>
7	chave de aterramento

Outro item importante é o quadro de controle e comando que representa o diagrama unifilar em botões, chaves seccionadoras e medidores elétricos. O operador executa uma operação de manobra alterando as configurações de uma SE através de painéis como o exibido na Figura 5.



**Figura 5.** Representação de um painel de controle.

Uma das principais tarefas de um operador de instalação (OPI) dentro de um SEP é executar manobras de forma segura e confiável. Entende-se por manobra uma ação ou conjunto de ações efetuadas com a finalidade de se atingir uma determinada configuração para o SEP, usina ou instalação (ARAÚJO, ROCHA, *et al.*, 2008). Para realizar essa atividade, o OPI deve tomar medidas corretivas quanto a limites violados e eventuais falhas no sistema. Falhas são ocorrências de acontecimentos significativos apresentados a partir de uma fonte para o sistema, onde cada evento acontece em um instante de tempo particular. Falhas causam uma ou mais condições anormais e indesejáveis em partes do sistema. As falhas do sistema são reportadas para o operador como sintomas de um problema e usualmente aparecem na forma de alarmes (PIRES, 2010). Por se tratarem de atividades mecânicas, os OPIs estão sujeitos a erros devido não só a uma possível distração do trabalho rotineiro, como também negligência aos roteiros de manobra (RTM). RTM são procedimentos que contemplam ações padronizadas para liberação e normalização de equipamentos e linhas de transmissão (ARAÚJO, ROCHA, *et al.*, 2008). Além disso, até mesmo a manipulação de equipamentos com nomenclaturas semelhantes podem levar a falhas (FLOYD, 1986).

Com a expansão do sistema elétrico, a busca por confiabilidade trouxe consigo a necessidade de sistemas automatizados para auxiliar as decisões de um operador. Um sistema de controle supervisório, *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), proporciona maior segurança e eficiência na operação dos sistemas elétricos. A arquitetura simplificada de um SCADA é mostrada na Figura 6. O SCADA é constituído de sensores, processadores lógicos, sistema de comunicação, interface com usuário e *software* para diversos fins. Um SCADA pode interagir com outro de acordo com a informação de leitura em cada sensor.

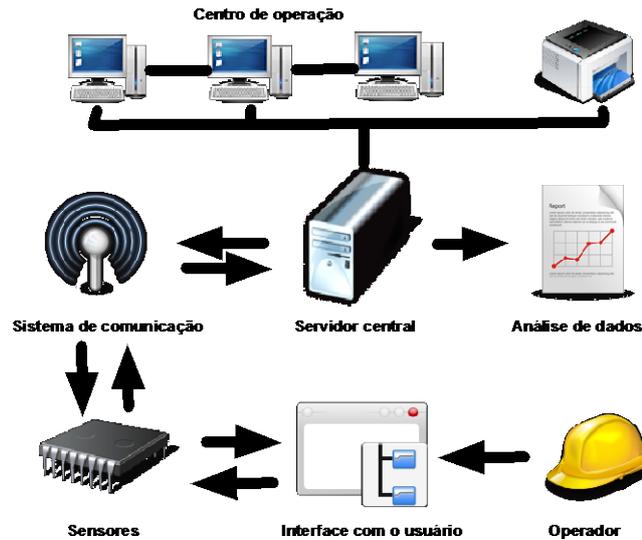


Figura 6. Representação genérica da arquitetura de sistemas SCADA.

### 2.1.2 Perfis dos Participantes em Operações de Manobras

A execução de manobras não é um trabalho realizado pelo OPI apenas quando acontece algum imprevisto no sistema. Existe a participação de vários colaboradores para que essa atividade aconteça em condições favoráveis e deixe o sistema em perfeito estado de funcionamento.

Outros participantes (ver Tabela 4) envolvidos numa operação de manobra são os membros do Departamento de manutenção (DM), o Encarregado de instalação (ENI) e o Operador de Sistema (OPS) (DA CUNHA, 2011).

Tabela 4. Participantes da Operação de uma SEP.

Colaboradores	Atividades
<b>Departamento de manutenção (DM)</b>	Em comunicação com outros setores como o centro de operações, o DM é responsável por enviar um documento detalhando a solicitação de uma manobra a um encarregado de uma SE.
<b>Encarregado de instalação (ENI)</b>	Acompanha os atendimentos das intervenções no sistema, obtém informações sobre as programações no sistema (tarefas que foram previamente definidas para acontecer naquele período), e verifica o retorno da configuração normal do sistema, dentre outras funções.

<b>Operador de sistema (OPS)</b>	Este colaborador é responsável por monitorar as atividades do OPI, além de autorizar ou não a execução de manobras. Ele coordena esse procedimento evitando ambiguidades durante o processo. O OPS também é encarregado de registrar as manobras na pós-execução
----------------------------------	--

Cada um dos perfis acima descritos realiza atividades específicas, como apresentado na Tabela 4. Assim, para permitir a análise dessas atividades e como otimizá-las, este trabalho utiliza os conceitos de processos de negócios, discutidos a seguir.

## 2.2 Processos de negócios

Um processo de negócio (*Business Process – BP*) é uma série de atividades estruturadas com um início, um fim, retroalimentações (*feedbacks*), entradas e saídas de informações claras. Cada processo é uma sequência de tarefas onde espaço e tempo de uma tarefa são bem definidos. Um BP pode fornecer um produto ou serviço a um cliente ou mercado. Idealmente, as etapas desse processo devem agregar valor e criar uma saída que é mais útil e eficaz para o destinatário (XAVIER, 2009) (VASCONCELOS e DE FREITAS, 2003).

Uma das aplicações do conceito de processos é a simulação de novas funcionalidades numa operação para que um resultado seja obtido. Outra possibilidade é a implantação de mudanças previstas em um novo processo, percorrendo um caminho para alcançar esse objetivo. Dessa forma toda ação realizada nesse percurso pode ser gerenciada.

A dificuldade de comunicação entre pessoas e departamentos, a presença de regras complexas, exigência de conhecimento especializado e necessidade de prever possíveis erros no fluxo de atividades, são obstáculos enfrentados por diversas organizações em seus processos de negócios. Um dos fatores, para essa falta de integração entre os pontos citados, é olhar a organização empresarial em

departamentos de forma rígida como em hierarquias onde cada setor funciona como uma “caixa preta” (GONÇALVES, 2000).

Pode-se dizer então que é preciso observar os múltiplos processos envolvidos nos diversos setores de uma organização empresarial como interdependentes. Assim é possível se produzir uma melhora significativa e eficaz no funcionamento do processo atual adotado pelo cliente. A Figura 8 ilustra esse modelo.



**Figura 7.** Organização orientada a processos.

Segundo Gonçalves, (GONÇALVES, 2000) : (...) *“Todo trabalho importante realizado nas empresas faz parte de algum processo. Não existe um produto ou um serviço oferecido por uma empresa sem um processo empresarial.”* (...) *“O futuro vai pertencer às empresas que conseguirem explorar o potencial da centralização das prioridades, as ações e os recursos nos seus processos.”* (...)

Sommerville (SOMMERVILLE, 2004), aponta uma série de estágios importantes na melhoria de otimização de processos :

1. **Análise de processo:** A análise de processos envolve examinar os processos existentes e produzir um modelo específico para documentar e compreender o processo. Em alguns casos pode ser possível analisar o processo quantitativamente. As medições feitas durante a análise acrescentam informações extras ao modelo de processo. A análise quantitativa antes e depois de as mudanças terem sido introduzidas permite uma avaliação objetiva dos benefícios(ou dos problemas) da mudança de processo.
2. **Identificação de melhoria:** Esse estágio se ocupa em utilizar os resultados da análise de processo para identificar gargalos relativos à qualidade, ao prazo e ao custo, em que os fatores de processo tenham adversamente influenciado a qualidade do produto. A melhoria de

processo deve focar a eliminação desses gargalos, propondo novos procedimentos, métodos e ferramentas para corrigir os problemas.

3. **Introdução de mudança de processo:** A introdução de uma mudança de processo significa implantar novos procedimentos, métodos e ferramentas, integrá-los com outras atividades de processo. É importante dar tempo suficiente para introduzir as mudanças e garantir que elas sejam compatíveis com outras atividades de processo e com os procedimentos e padrões organizacionais.
4. **Treinamento em mudanças de processo:** Sem treinamento não é possível obter os plenos benefícios das mudanças de processo. Elas podem ser rejeitadas pelos gerentes e engenheiros responsáveis pelos projetos de desenvolvimento. É muito comum que as mudanças de processo sejam impostas sem treinamento adequado, e que os efeitos dessas mudanças resultem na degradação e não na melhoria da qualidade do produto.
5. **Ajuste de mudanças:** As mudanças de processo propostas nunca serão inteiramente eficazes assim que forem introduzidas. Há a necessidade de uma fase de ajuste, em que problemas menores sejam descobertos e modificações no processo sejam propostas e introduzidas. Esta fase de ajuste pode durar vários meses, até que os engenheiros de desenvolvimento estejam satisfeitos com o novo processo.

Para otimizar um BP, não é recomendável usar um modelo já adotado em outro estabelecimento. Mesmo que objetivo final seja aparentemente o mesmo, existem fatores como padrões, estrutura do local e modelos internos da própria organização que necessitam ser avaliados a cada sugestão de melhoria no processo.

Como evidenciado, um BP necessita de tarefas detalhadas e precisas para que os processos possam ser analisados de maneira mais ampla. Pode-se definir uma tarefa de acordo com os seguintes pontos (SANTOS, 2002):

- **Atividade (como?):** o tipo de atividade que irá completar a tarefa;
- **Objeto da tarefa (em quê?):** objeto em que ou sobre o qual o desempenho será conduzido;
- **Pessoa responsável pelas Tarefas (quem?):** pessoa ou grupo que executará a tarefa;
- **Material (usando o quê?):** que ferramentas serão necessárias para condução da tarefa;
- **Localização (onde?):** local físico em que a tarefa será conduzida.
- **Tempo (quando?):** a especificação do tempo determina em que ponto temporal uma determinada etapa da tarefa será conduzida.

É importante observar que esses fatores na análise de tarefas, podem ser divididos em outras subtarefas ou serem agrupados por ordem de complexidade. Assim tem-se uma melhor visualização sobre os possíveis locais críticos durante uma sequência de tarefas ao longo do tempo.

Tempo e custo de processamento são fatores essenciais em todos os setores da indústria. Os consumidores e o mercado buscam realizar um negócio que seja ágil, flexível, satisfatório e eficaz para ambas as partes.

### **2.2.1 Gestão de processos de negócios (BPM)**

Gestão de processos de negócios, do inglês *Business Process Management* (BPM), é uma abordagem estratégica para identificar, projetar, executar, documentar, gerenciar e monitorar os modelos de processos de negócio para se alcançar um objetivo em uma organização agregando valor a meta desejada. O BPM utiliza teorias e conceitos das áreas de gestão e TI. Por meio desses recursos, é possível prover soluções, produtos e serviços; Além de facilitar a adaptação quanto a mudanças, tornando os negócios mais palpáveis (TREAT, 2006) (NETO e JUNIOR, 2008).

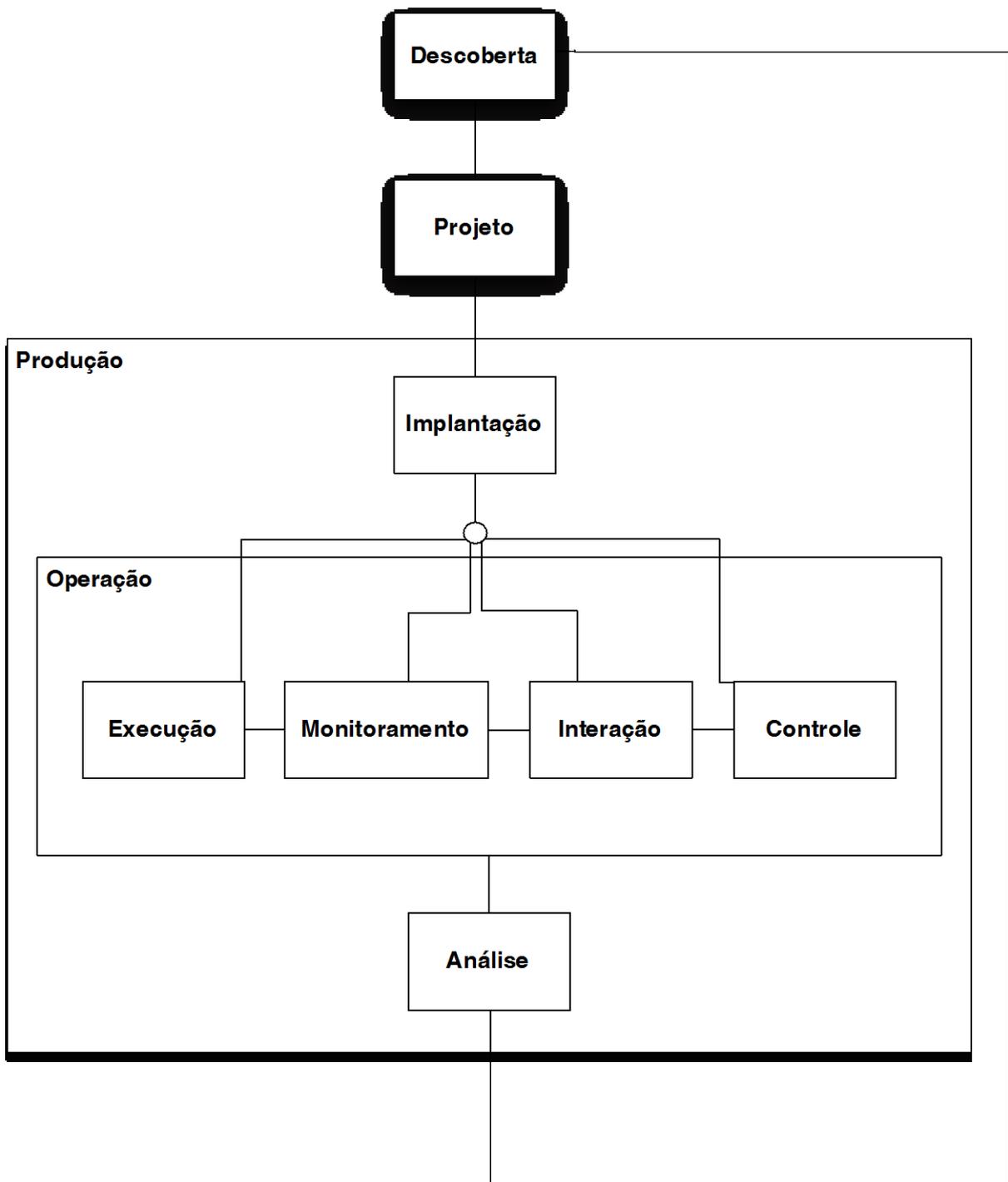
Desenvolver um sistema computacional para ser adaptável e alterado durante um BP exige muito tempo. Tecnologias e metodologias centradas em BPM nutrem essa necessidade de certa forma. A gestão planeja e simula uma otimização de processo sem detalhamentos técnicos, enquanto que o setor de TI pode modelar e testar essa proposta de melhoria, que demoraria muito tempo para ser alterada na atual realidade da organização.

Algumas contribuições de um BPM são (LEE e DALE, 1998) :

- O BPM mantém o foco nos clientes através de ligações horizontais entre as atividades chave do processo.
- O BPM conta com sistemas e procedimentos detalhados e documentados para assegurar disciplina, coerência e repetibilidade na qualidade de um PNS.
- O BPM é uma abordagem de mudança cultural e não resulta simplesmente em ter bons sistemas e uma boa estrutura física da organização.
- Soluções baseadas em BPM podem ser desenvolvidas com recursos usados de tecnologias tradicionais como serviços de mensagens, conectividade e transformação da informação através de tecnologias de *middleware*. Essa é uma proposta interessante para locais que dependem da integração entre sistemas legados e demais tecnologias.

Apenas projetar ou definir um processo não é o suficiente para garantir um aproveitamento máximo nos resultados de um BP proposto. O BPM sugere um ciclo de vidas, dividido em oito atividades que ajudam a garantir essa otimização.

Na figura 8, temos a representação de um ciclo de vida de um BP usando BPM. O diagrama representa apenas um processo em si.



**Figura 8.** Atividades em um ciclo de vida de processos com BPM (NETO e JUNIOR, 2008).

Na etapa de **descoberta** tem-se por objetivo analisar os processos existentes a partir da visão dos participantes envolvidos no BP. Esta atividade pode ser automatizada ou manual, desde que se tenham as atividades explicitamente

documentada. Nessa etapa são modelados os processos atuais da empresa, esse conjunto é também chamado de modelo *AS IS*.

Na fase seguinte, o **projeto** tem por objetivo modelar, estruturar e diagramar o modelo atual através de uma notação gráfica, a fim de serem compreendidos e melhorados. As definições de metas de desempenho e alternativas de análise são feitas nesta fase.

A **implantação** engloba colocar as atividades anteriores junto a pessoas aplicações e outros processos. Assim é possível alocar os processos dentro de cada contexto envolvido no sistema. Alguns componentes de software como SOA (*Service Oriented Architecture*) podem ser utilizados para agilizar essa etapa.

A atividade de **execução** garante que a execução e armazenamento de dados num BP ocorram sem que o usuário final saiba como o processo ocorreu. Por exemplo, pode haver a participação vários sistemas de informação em paralelo para se alcançar um resultado mais rápido. É uma atividade naturalmente técnica, estando sob responsabilidade do pessoal de TI.

A **interação** permite que o usuário possa visualizar e participar do processo através de telas ou inter-relacionamentos entre atividades, por exemplo. Aqui é possível realizar alterações, executar um processo em andamento e visualizar relatórios a partir de um BP em andamento ou finalizado.

**Monitoramento e controle** são atividades necessárias para avaliar possíveis erros ou exceções no sistema. São alterações nos participantes ou recursos disponíveis no processo. Essas etapas são aplicadas tanto em PNS quanto em BPM. É possível representar esses fluxos alternativos com mensagens gráficas.

Para avaliar o desempenho dos BP, a **análise** permite que decisões inteligentes e novas estratégias sejam tomadas para descobrir novos caminhos de inovação. Os recursos disponíveis podem ser medidos e novas simulações podem ser feitas.

Na **otimização** é possível visualizar as melhorias realizadas no projeto. Ela é uma ponte entre a análise e o projeto em si. Aqui é possível detectar

automaticamente os gargalos do sistema ou inconsistência nas atividades. Esse modelo também é conhecido como modelo *TO BE*.

### 2.2.2 BPMN

*Business Process Modeling Notation* (BPMN) é uma linguagem padronizada apoiada por diagramas e fluxos para representar um ciclo de vida de um BP, envolvendo os possíveis processos paralelos e desvios de fluxo. Dessa forma a comunicação entre os envolvidos em um BP torna-se mais viável. (NETO e JUNIOR, 2008) (WHITE, 2006).

A Figura 9 exibe uma solicitação de serviço de táxi. Tem-se o departamento de suprimento, aprovação do gestor e o solicitante, como os participantes (entidades) de negócio. No BPM, o diagrama que contém todos os elementos do sistema é chamado de *pool* que por sua vez é organizado em *Lanes*, sub-partições usadas para categorizar, organizar as atividades e relacioná-las entre si. O processo é iniciado em Solicitante, esse evento é representado por um círculo. Essa figura representa algo que “acontece” durante o percurso. As linhas com setas indicam a sequência de atividades ao longo da execução. Uma atividade é ilustrada por um quadrado e significa um trabalho a ser executado. Os losangos no diagrama simbolizam estados condicionais.

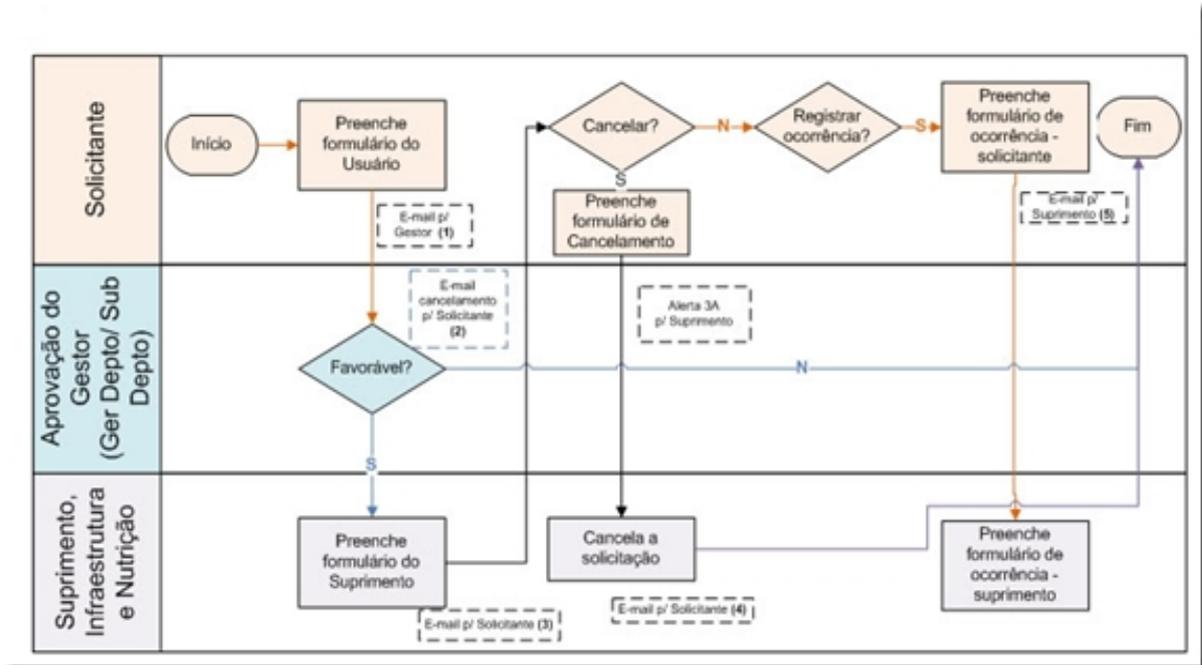


Figura 9. Exemplo de um processo otimizado com BPM.

Ainda que não exemplificados na figura anterior, existe também o uso de **artefatos** que simbolizam informações adicionais ao sistema, permitindo que aplicação torne-se mais legível. São principalmente objetos de dados, como solicitações, e-mails e documentos importantes no sistema.

## Capítulo 3

# Modelagem e Otimização dos Processos de Negócio de um SEP

Neste capítulo são abordados a modelagem de processos do cenário atual de uma SEP e as propostas de otimização desses processos de negócio. Na seção 3.1 é apresentado o sistema proposto.

### 3.1 Processos de Negócio de um SEP

Como mencionado, em um SEP, o SCADA fornece informações importantes de uma operação de manobra, aciona eventos como disparo de alarmes e permite a transferência desses dados ao centro de operação. Quando há falta de energia, esse volume de informações é de pouco valor se não oferece possibilidades de decisão em meio a uma falha de execução de manobra (MEDEIROS, SANTOS, *et al.*, 2007). Já existem várias ferramentas com diferentes abordagens para se obter um sistema eficiente de prevenção a falhas. Há também pesquisas que sugerem alternativas para se diagnosticar falhas em SEP, envolvendo conceitos de Redes Neurais Artificiais, Redes de Petri (e suas variações), algoritmos genéticos, sistemas embarcados ou lógica *Fuzzy* (MEDEIROS, SANTOS, *et al.*, 2007). Entretanto, como podemos propor melhorias das atividades de um SEP sem antes identificar e analisar os processos dos perfis que estão envolvidos na operação?

Esse trabalho propõe uma melhoria nos processos (isto é, na rotina de trabalho) dos perfis dos colaboradores empregados nas SEP. Com uma descrição formal de cada atividade através da gestão de processos de negócio (BPM), é possível não só entender e documentar o contexto de uma SEP e suas subestações (SE), mas também avaliar e otimizar aspectos críticos na operação de manobras de um SEP. Dessa forma, também é possível propor sistemas computacionais

adequados a cada um os perfis do SEP. Em particular, um sistema de apoio aos OPIs pode trazer uma redução significativa nas falhas de manobra.

Da Cunha (2011) descreve com detalhes a operação do sistema elétrico de distribuição do Ceará. Esta descrição é fundamental para compreensão do modelo AS/IS usado na análise de BPM sendo realizada.

Como enfatizado no Capítulo 2, embora um processo de negócios é único até mesmo quando se trata de um mesmo tipo de ambiente, os processos de negócio, neste caso, representam um SEP genérico que permite-nos raciocinar sobre possíveis otimizações e propor sistemas computacionais.

Lima *et al* (2006), descreve de forma sucinta uma ocorrência de manobra em um SEP:

*“Durante a realização da manobra de liberação do religador 21Y5, o mesmo não aceitou comando elétrico de abertura remota nem local. Então o operador, que estava realizando as manobras nas chaves, deslocou-se para sala de comando e lá chegando recebeu orientação de um outro operador para concordar a posição da chave 101 do 21Y5 com a sinalização vermelha (fechado) e abri-lo, em seguida. O operador, recém chegado à sala de comando, dirigiu-se para o painel de comando dos religadores e indevidamente acionou o punho da chave 101 do 21Y4 abrindo-o, notando a falha fechou-o.”*

Esse trecho descreve um simples processo de operação de um SEP no qual podem ser percebidas algumas informações importantes: o ambiente do SEP como descrição de salas e máquinas, as atividades (tarefas) sendo realizadas e os executores das tarefas. A análise desse processo pode ser vista na Tabela 5 abaixo.

**Tabela 5.** Análise de um processo de operação de um SEP.

<b>Informação</b>	<b>Análise</b>
Ambiente	Falta de sinalização na chave 101 antes do início de manobras; Chaves de comando dos religadores muito próximas.
Usuário	Desatenção, Excesso de auto-confiança, extresse e cansaço. Excesso de manobras.

Tarefa	Mudanças de ações operacionais face falha 21Y5
Situação ambiente-equipamento.	Falha no circuito de abertura do religador.

Observando a análise deste simples processo podemos notar que há vários possíveis pontos de melhoria como guias e alertas para ações de falha. Assim, precisamos modelar as atividades dos perfis do SEP discutidos no Capítulo 2 como especificados no modelo AS /S discutido a seguir.

### 3.1.1 Modelo AS /S

O modelo AS /S possui vários processos. Entretanto, este trabalho está focado em apenas um processo: a Operação de Manobra. Por questões de sigilo de informação por parte dos SEP ou pela falta de acesso, não foi possível viabilizar descrições formais para as demais atividades num SEP. Entretanto, a Operação de Manobra foi descrita em detalhes, ajudando na modelagem genérica desse tipo de atividades num SEP.

O processo Operação de Manobra é o processo mais importante de um SEP. Esse processo possui três fases: pré-operação (incluindo subfases de liberação e normalização), operação e pós-operação de manobra, como pode ser visto na Figura 11.

### 3.1.2 Pré-operação

O processo se inicia quando o encarregado de instalação (ENI) recebe um aviso por e-mail do departamento de manutenção (DM) da SEP. Este aviso possui uma solicitação para manutenção de um determinado equipamento (por exemplo, a manutenção da chave elétrica 14T1 - ver Anexo A) com data e hora agendada e, em alguns casos, o motivo da solicitação. Após receber o aviso eletrônico, o ENI imprime o documento e o deixa separado numa pasta, junto com o RTM específico para o equipamento informado e o diagrama unifilar do SEP. O RTM é dividido em duas seções: liberação e normalização. A liberação contém a descrição do procedimento anterior a qualquer ação a ser realizada durante a manobra. Ela é

uma espécie de validação de segurança para a chave que será operada e seu respectivo equipamento. Já a normalização possui a definição da sequência de passos para deixar o sistema estável antes de qualquer operação.

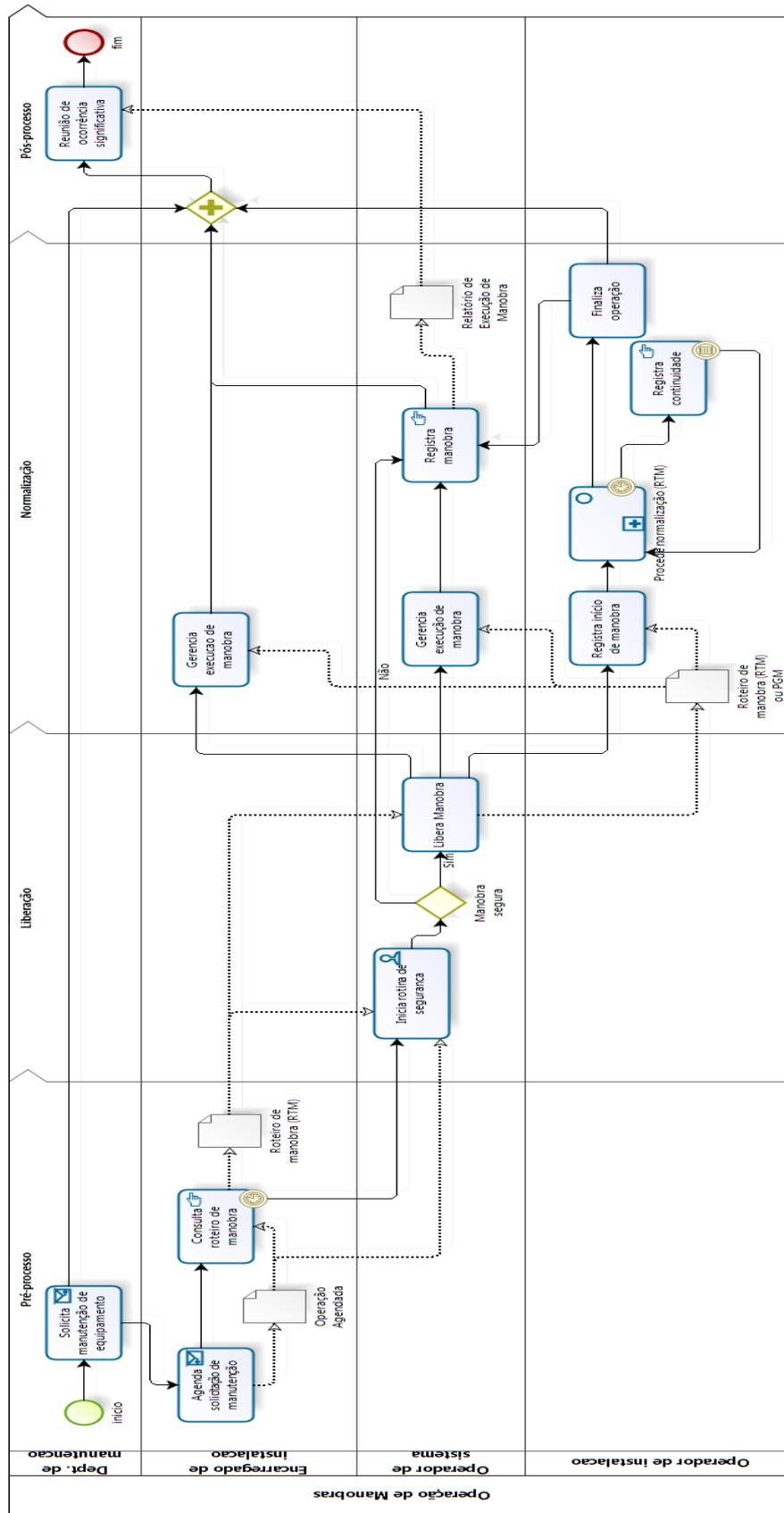
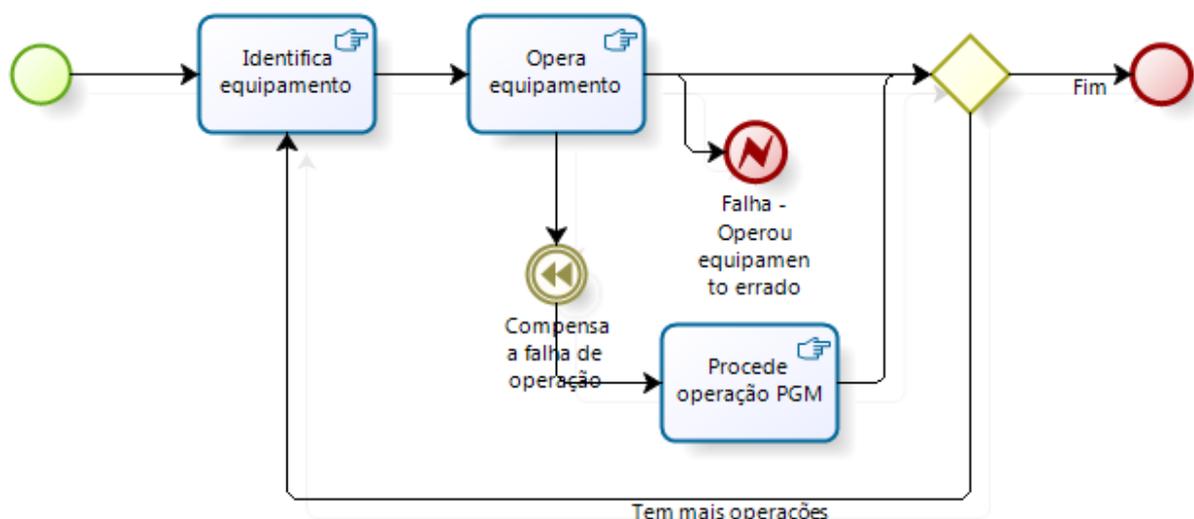


Figura 10. Processo de Negócio Operação de Manobra (modelo AS/IS).

### 3.1.3 Operação

A operação é a fase do processo de Operação de Manobra que realiza a os procedimentos descritos no RTM, isto é, a liberação e a normalização do sistema elétrico. A partir de um tempo estimado antes da operação agendada, o operador de sistema (OPS) deve iniciar o procedimento de liberação. Como dito, o RTM possui um passo a passo com as condições favoráveis para iniciar e para a executar a manobra. Caso o RTM não atenda as circunstâncias da execução de manobra ou haja uma falha de operação humana, deve-se proceder com os programas de manobras, como exibido na Figura 12 (subprocesso Procede normalização RTM). Programa de manobras (PGM) são procedimentos que contemplam ações não padronizadas para liberação e normalização de equipamentos e linhas de transmissão (ARAÚJO, ROCHA, *et al.*, 2008). Uma PGM também é executado quando o operador está distraído e executa a manobra numa chave consecutiva ao invés da descrita no documento em mãos. Como mencionado, esse é um erro comum, pois as chaves podem possuir nomenclaturas parecidas e estarem muito próximas.

Na Figura 11, podemos ver que tanto o ENI quanto o OPS devem acompanhar o processo e devem receber o retorno da configuração normal do sistema, dentre outras funções. É importante destacar que cada operação é única. É improvável a execução de uma manobra semelhante nos equipamentos de um SEP.



**Figura 11.** Subprocesso Procede normalização (RTM) (modelo AS IS).

Devido a questões legais, se a interrupção de carga (falta de energia) tiver duração igual ou superior a três minutos, deve haver a contabilização da mesma nos indicadores de continuidade, isto é, nos relatórios para análise de qualidade de prestação de serviços ao consumidor do SEP. Caso haja irregularidades nesses serviços, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) multará a instituição responsável pelo SEP.

### 3.1.4 Pós- operação

No dia seguinte à operação, é realizada uma reunião para avaliar e propor melhorias em relação a todas as ocorrências do dia anterior. Essa Reunião de Ocorrência Significativa ajuda a evitar problemas semelhantes no mesmo equipamento num tempo futuro.

As solicitações definidas na Reunião de Ocorrência Significativa são encaminhadas para os responsáveis, para estes tomarem as providências pertinentes. Depois de respondida a recomendação, cabe à área responsável pela realização da ocorrência analisar e aceitar ou rejeitar a resposta ou providência realizada pelas áreas cuja recomendação foi solicitada. Se rejeitada, a resposta é contestada até que a mesma seja aceita, como podemos ver na Figura 11.

### 3.1.5 Análise do modelo AS IS

Para identificar os possíveis pontos de otimização e propor sistemas computacionais capazes de automatizar ou aprimorar um SEP, precisamos analisar quais atividades são críticas e são fontes de problemas no modelo AS IS.

Para exemplificar, o relatório feito pelo OPS, em que é narrado passo-a-passo do restabelecimento da energia, será mostrada uma interrupção de energia que ocorreu com o alimentador 01C3 da subestação (SE) de Cascavel, no dia 06 de maio de 2010:

*“Às 06:12h localizada cadeia de isoladores fase B danificada por descarga atmosférica, na primeira estrutura após a chave seccionadora WI-1841. Proteção: 50/51N, 3acc, Icc=260A. Às 05:27h o operador informou ao CCS que o telealarme da*

*SE CSL estava acionado. O CCS verificou que na tela do SAC e estava tudo normal na SE CSL e deslocou o operador para a referida SE. Às 05:29h o CCS conectou a IHM e identificou o religador 21C3/CSL aberto. O CCS redirecionou o operador para a 1ª chave do PRS WG-2014. Às 05:32h a equipe 1723 se apresentou ao CCS em Cascavel e foi deslocada para a chave de encontro WE-2120 (01C3/CSL-01C4/CSL). Às 05:36h o operador chegou à chave WG-2014 e o CCS solicitou a sua abertura. Às 05:37h o operador informou a abertura da chave WG-2014 e o CCS fechou o religador 21C3/CSL sem sucesso, atuando a proteção 51<sub>N</sub>. Às 05:38h o CCS deslocou o operador para a chave WI-1884, que fica antes da 1ª chave do PRS. Às 05:42h a equipe 1723 chegou à chave WE-2120 e o CCS solicitou o seu fechamento. Às 05:43h foi fechada a chave WE-2120, transferindo parte do alimentador 01C3/CSL para o alimentador 01C4/CSL, normalizando 4.338 clientes. Às 06:04h o operador chegou à chave WI-1884 e o CCS solicitou a sua abertura. Às 06:05h o operador informou a abertura da chave WI-1884 e o CCS fechou o religador 21C3/CSL, normalizando 1.372 clientes”.*

Esse relato nos dá uma visão de que algumas atividades do operador são guiadas à distância, logo, o operador está sujeito a errar devido não só a distrações, mas também devido a falhas de comunicação. Assim, algumas atividades podem ser otimizadas com o auxílio de sistemas computacionais que auxiliem, por exemplo, a identificação dos dispositivos a serem operados e não apenas o aviso de que um dispositivo foi operado por engano ou inadequadamente. Além disso, como citado, durante a pré-operação o ENI imprime a solicitação e junta essa solicitação ao RTM do dispositivo a ser operado, porém essa tarefa é manual e pode ocorrer falha humana na definição do RTM adequado à solicitação, tarefa que também poderia ser realizada e verificada por um sistema computacional. Finalmente, quando o tempo de execução de manobra é maior que o estabelecido pela ANEEL, o OPI precisa registrar a continuidade da operação, tarefa que poderia ser facilmente automatizada.

### 3.1.6 Modelo *TO BE*

O modelo *AS IS* descrito é comum na maioria dos SEPs e várias melhorias poderiam ser feitas nesse modelo de processo. Assim, este trabalho propõe um modelo otimizado (modelo *TO BE*) que pode ser visto na Figura 13.

Como podemos observar na Figura 13, o modelo otimizado proposto adiciona atividades de validação da solicitação enviada pelo Departamento de Manutenção. Essa etapa visa evitar erros comuns de solicitações como falta de informações ou justificativas. Isso permite aprimorar a documentação do histórico de ocorrências realizadas no SEP. Essas informações podem ser facilmente armazenadas por um sistema computacional, que pode servir de base para um sistema maior que intitulamos Sistema de Apoio a Prevenção de Falhas Humanas na Operação do SEP (SAPF). Além disso, outras atividades internas ao subprocesso atuam como normalização (RTM) foram adicionadas (ver Figura 14), várias atividades foram transformadas em serviços, logo, podem ser facilmente automatizadas no SAPF, discutido nas próximas seções. Neste modelo *TO BE* as atividades/tarefas foram otimizadas através da adição de tarefas que representam serviços (tarefas automatizadas) ou *scripts* (tarefas mecânicas, ou seja, sem intervenção humana).

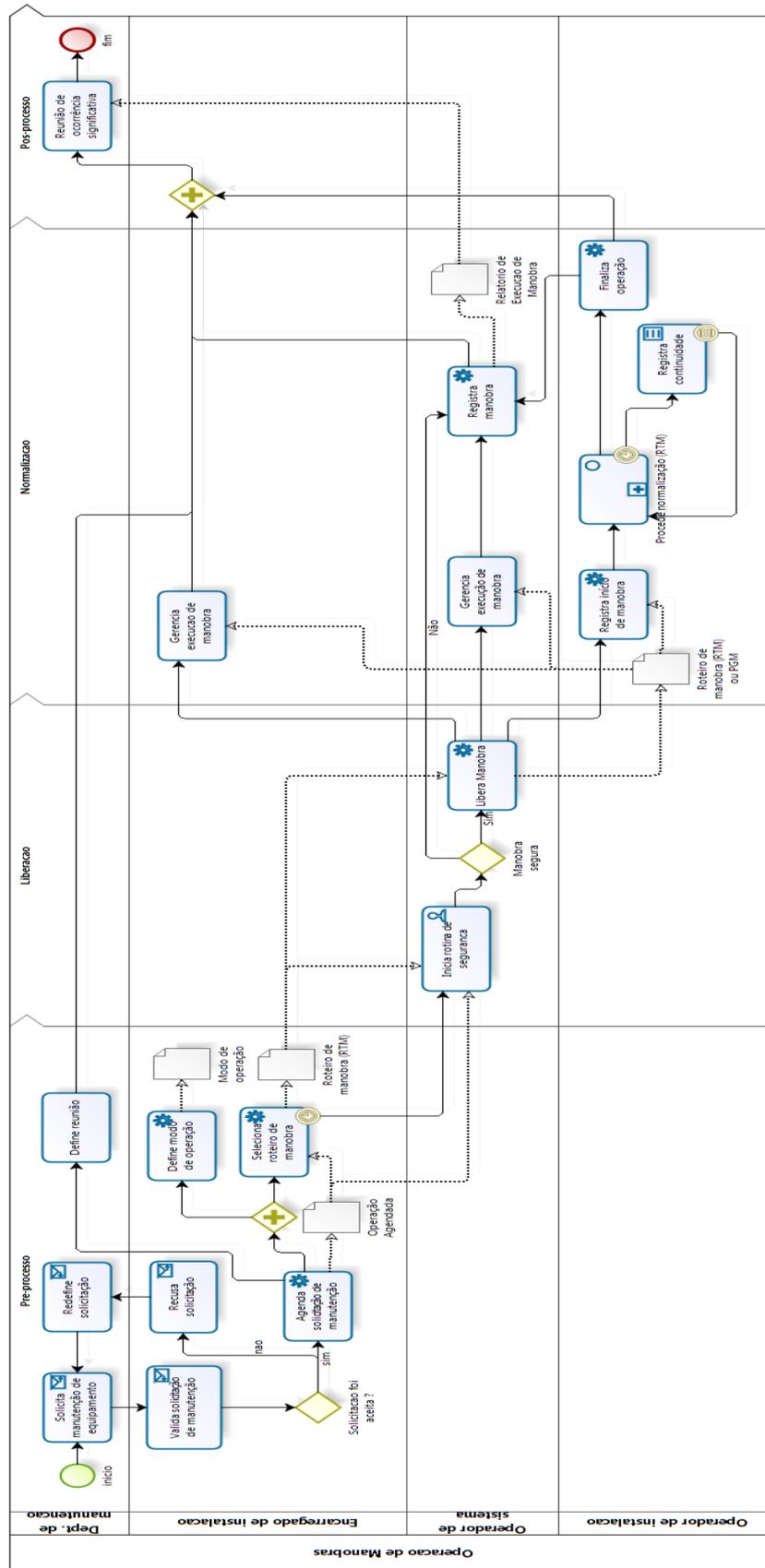
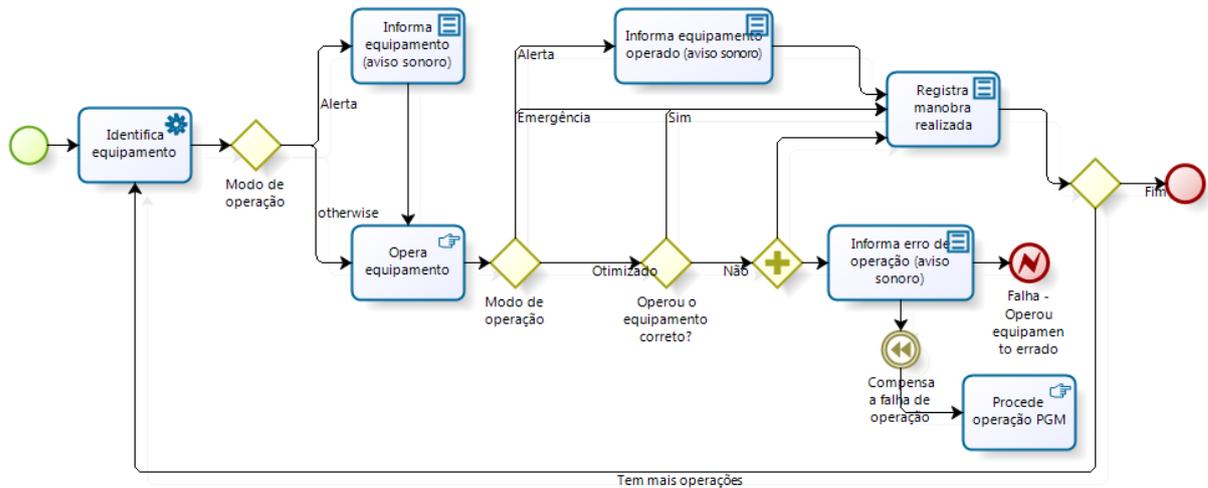


Figura 12. Processo de Negócio Operação de Manobra (modelo TO BE).

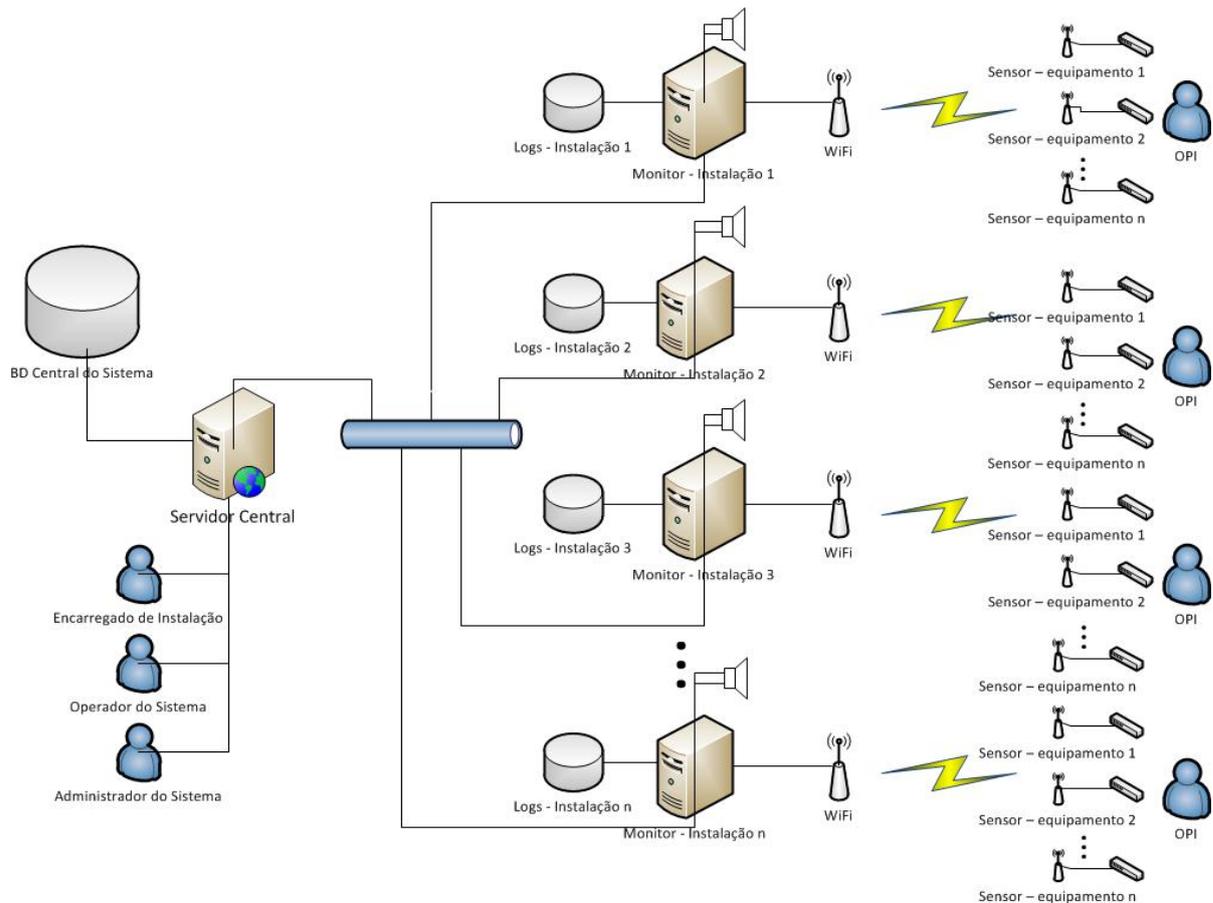


**Figura 13.** Subprocesso Procede normalização (RTM) (modelo *TO BE*).

Como podemos ver na Figura 13 (modelo otimizado proposto), os cargos dos funcionários do SEP são os mesmos. Entretanto, antes de apresentar os detalhes das fases do processo de Operação de Manobra otimizado, devemos considerar o sistema computacional SAPF proposto a seguir.

### 3.1.7 Sistema Computacional SAPF

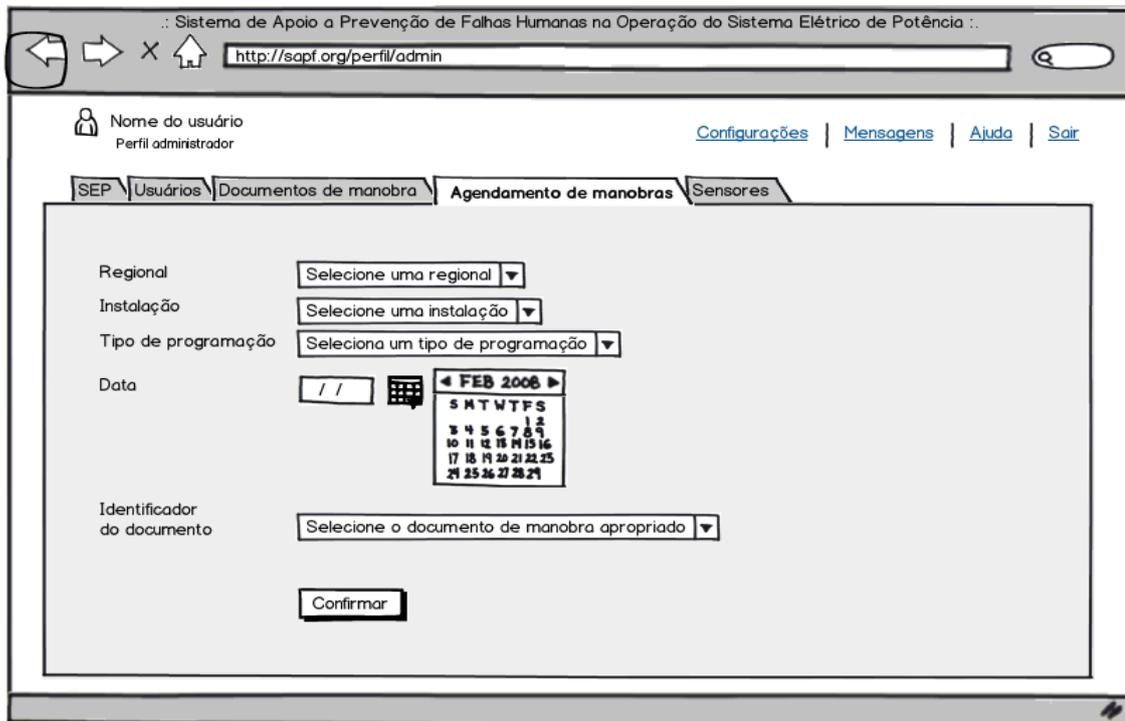
Como discutido, um SEP possui outros processos em paralelo à operação de manobra. O uso de sistemas computacionais pode auxiliar essas atividades. Para implementar as otimizações sugeridas na análise BPM realizada, um sistema computacional, baseado em soluções de *hardware* e *software*, foi projetado. Esse sistema é denominado Sistema de Apoio a Prevenção de Falhas Humanas na Operação do SEP (SAPF). Assim como no modelo otimizado sugerido em BPM, todos os perfis de participantes envolvidos em um SEP foram contemplados no sistema proposto. Em especial, o OPI. O principal objetivo do SAPF é oferecer um avisos sonoros como advertências para cada operação executada pelo OPI no painel de controle de uma subestação (SE).



**Figura 14.** Representação da arquitetura do sistema proposto.

O SAPF é composto por um *software* baseado em tecnologia Java; sensores que atuam no ambiente e se comunicam com o sistema via *bluetooth*; servidores *web* e *de dados*, para acesso à interface do sistema e para registrar os dados coletados; e um conjunto de caixas acústicas que ajudam o OPI durante a operação. Os avisos sonoros que auxiliam o OPI são áudios oriundos de arquivos no formato mp3, sendo um arquivo de aviso para cada tipo de operação. Esses arquivos são registrados no sistema pelo administrador do sistema (ADM). O SAPF possui dois módulos de funcionamento – um focado no gerenciamento de tarefas dos colaboradores, em tempo real, e o outro na aquisição e tratamento dessas informações. Este trabalho é destinado a análise na primeira etapa do sistema. A Figura 14 mostra a organização da arquitetura do sistema.

A Figura 15 exibe um protótipo de interface gráfica do sistema.



**Figura 15.** Esboço de interface do usuário do sistema SAPF

A acima exemplifica um protótipo de interface representando a ação de agendamento de manobras. As funcionalidades e ações desse esboço são discutidas em detalhes no capítulo seguinte.

No SAPF, os perfis do SEP discutidos anteriormente devem assumir os seguintes papéis: Administrador do Sistema (ADM), Encarregado de instalação (ENI) e Operador do instalação (OPI). A Tabela 6 define as atribuições desses papéis.

**Tabela 6.** Atribuições aos colaboradores do sistema.

Papel	Atribuições e permissões
Administrador do sistema (ADM)	É o usuário que tem as permissões totais do sistema, verificar o log de eventos de cada subestação do sistema, bem como, o mesmo poderá associar um módulo sensor a um equipamento de uma determinada subestação que compõe o SEP. O administrador poderá também associar a mp3 relativa a cada equipamento do sistema de qualquer subestação do SEP. O administrador também habilita o modo de operação do sistema

	otimizado, e configura para o modo emergência, o tempo máximo de inatividade do sistema sonoro. O administrador também poderá cadastrar os documentos de manobra de cada subestação, para que o sistema possa compará-los com as ações dos operadores em suas manobras na instalação. Quaisquer alterações realizadas na configuração do sistema, por parte do administrador serão gravados logs das modificações que por ventura tenham sido realizadas.
Encarregado de instalação (ENI)	É o usuário que tem as permissões de administração para o domínio da subestação que o mesmo gerencia, ele está apto a fazer o cadastro dos módulos sensores dos equipamentos, associar a mp3 a cada módulo, bem como, acessar o log de eventos de sua instalação. O encarregado também poderá cadastrar os documentos de manobra referentes a instalação que o mesmo coordena. Quaisquer alterações realizadas na configuração do sistema, por parte do encarregado será gravado um log das modificações que por ventura tenham sido realizadas.
Operador do instalação (OPI)	O operador do instalação é o usuário que não possui nenhum privilégio na operação do sistema, o único comando disponível para o mesmo é o botão de emergência, nesse botão o sistema de alarmes será silenciado pelo tempo definido pelo administrador do sistema.

Considerando o sistema computacional definido, podemos observar as fases do processo de Operação de Manobra.

### 3.1.8 Pré-operação

A pré-operação inicia quando o ADM solicita um agendamento de manutenção de equipamento via email ao administrador do SAPF. O ADM valida a solicitação de agendamento de manutenção. O encarregado de instalação (ENI) também possui tais privilégios, entretanto, ele só possui essas ações na SE em que está supervisionando. Se a solicitação é aceita, o ADM autoriza a solicitação de reparo do equipamento. O SAPF envia uma mensagem eletrônica automática para o DM atualizando a situação do pedido (aceito / não aceito). Assim a comunicação entre setores e usuários se torna mais dinâmica e direta.

Após receber uma solicitação de reparo, o ENI define as operações de manobra via SAPF. A consulta do roteiro de manobras também é feita aqui. Nesse caso, tem-se o apoio do serviço já existente para essa rotina via SOA – o sisRTM

(ARAÚJO, ROCHA, *et al.*, 2008). A comunicação entre os sistemas é de fácil aprendizado e intuitiva para o ADM. O documento de RTM é impresso e enviado ao OPS.

### 3.1.9 Operação

As operações manuais de liberação e normalização são idênticas ao modelo *AS IS*, porém, no modelo *TO BE* elas são auxiliadas por uma série de atividades automatizadas (serviços) ou mecanizadas (como os avisos sonoros). Por se tratarem de operações de alto risco, a comunicação dos operadores é fundamental. Neste contexto, há a dependência do conhecimento prévio do OPS em operações de manobra para auxiliar o OPI e o *feedback* da operação em tempo real. Nesse caso, um sistema computacional é desaconselhável, pois pode dificultar essa interação entre os operadores.

Quando o OPI inicia o procedimento de normalização, tem-se a principal otimização do sistema como um todo – o modo de funcionamento assistido (ou seja, modos alerta e otimizado nos quais avisos sonoros são utilizados para auxiliar o OPI). O OPI inicia o procedimento de manobra e ao identificar o equipamento tem o apoio do sistema para evitar que ele se perca em eventuais distrações e cometa falhas. Os modos de funcionamento são descritos a seguir:

**Modo alerta** – É caracterizado pela presença de avisos sonoros em todos os comandos do painel de controle e comando da subestação. Assuma que o operador receba um PGM ou RTM a ser cumprido, pelo operador de sistema. No modo alerta, o OPI ao se aproximar do alcance de detecção do nosso sistema na tentativa de realizar uma manobra, o monitor disparará a mensagem relativa ao equipamento que o mesmo está prestes a manobrar, não importando se o equipamento faz parte de sua rotina de manobras ou não.

No modo alerta não é necessário que o nosso sistema receba algum tipo de comunicação acerca do que o operador deve fazer, ou seja, não é informado ao nosso sistema qual o PGM ou RTM deve ser executado naquele momento. Sendo assim, o log de eventos do monitor não constará o RTM ou PGM que o OPI executou.

**Modo otimizado** – Nesta opção de funcionamento, o sistema só irá alarmar caso o operador cometa algum possível desvio do roteiro de manobra. Tomando como referência o mesmo exemplo anterior, se o operador se dirigir ao disjuntor presente ao roteiro de manobras (neste caso o 12C1), o alarme não soará indicando que o operador está correto em sua atitude. Já o caso de o operador se desviar do procedimento em questão, como exemplo, se o mesmo ao invés de se aproximar do disjuntor 12C1 dirige-se ao 12C2 o alarme soará, pois o mesmo está prestes a cometer um erro operacional em sua conduta.

**Modo emergência** – É o modo de operação em que o sistema terá o alerta sonoro desligado (em acordo com o tempo predefinido pelo administrador) pelo operador, mediante interface presente no monitor, nos casos em que o mesmo ocasionar impedimentos à realização das manobras previstas. Essa opção é útil em casos de desligamento total da subestação, tendo em vista que numa ocorrência dessa magnitude a quantidade de dispositivos a serem manobrados é muito grande. O aviso sonoro, neste caso, atrapalhará mais do que propriamente ajudar. Note que neste caso o log de eventos será coletado sem haver nenhuma interrupção durante o período de emergência, somente os alarmes sonoros serão silenciados.

Ao término de uma operação de manobra do OPI, o OPS registra e atualiza o documento de operação de manobra via SAPF.

### **3.1.10 Pós-operação**

Na reunião de ocorrência significativa, além do diagnóstico feito pelo ENI e OPS, haverá os logs de manobra que podem ajudar nos relatórios oferecendo informações adicionais na análise de melhoria de execução manobras e prevenção de falhas humanas em SEP.

Assim, podemos observar com esse processo otimizado, como o SAPF é útil na prevenção de falhas no SEP.

# Capítulo 4

## Estudo de caso

Neste capítulo exemplificaremos o uso de um sistema computacional que permite que os funcionários de um SEP realizem as atividades/tarefas que representam serviços (tarefas automatizadas) ou *scripts* (tarefas mecânicas, ou seja, sem intervenção humana).

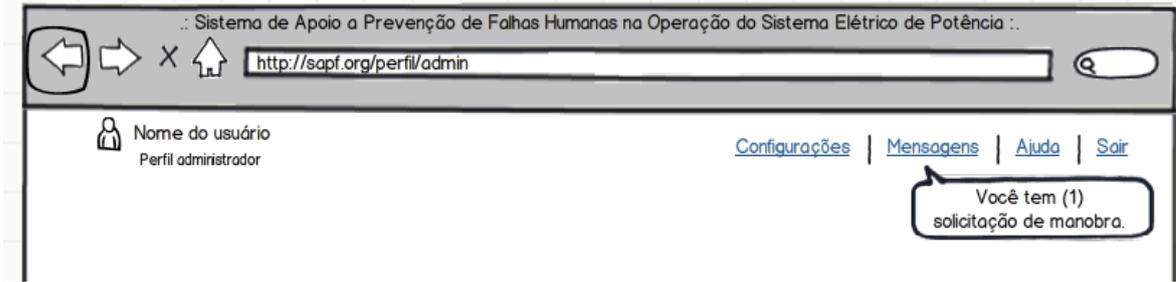
### 4.1 Fluxo de execução de manobras com o SAPF

A partir dos modelos descritos no capítulo 3, pode-se simular o uso do Sistema de Apoio e prevenção a falhas humanas em SEP – SAPF – com o auxílio de interfaces gráficas protótipadas em ferramentas de *software* como o *balsamiq*. Com essa técnica é possível verificar se o sistema apresenta informações relevantes para o usuário, se possui uma navegação intuitiva com conceitos familiares ao ambiente de utilização do *software* e se as funcionalidades do sistema atendem as necessidades do cliente. Se for necessário reavaliar o projeto com novas funcionalidades, essa etapa garante um gasto mínimo comparada às modificações com o protótipo de *software* já construído.

A seguir, tem-se a sequência do modelo proposto (*TO BE*) apoiada com as telas em esboços de apresentação para o usuário. O perfil escolhido para simulação do sistema foi o de administrador.

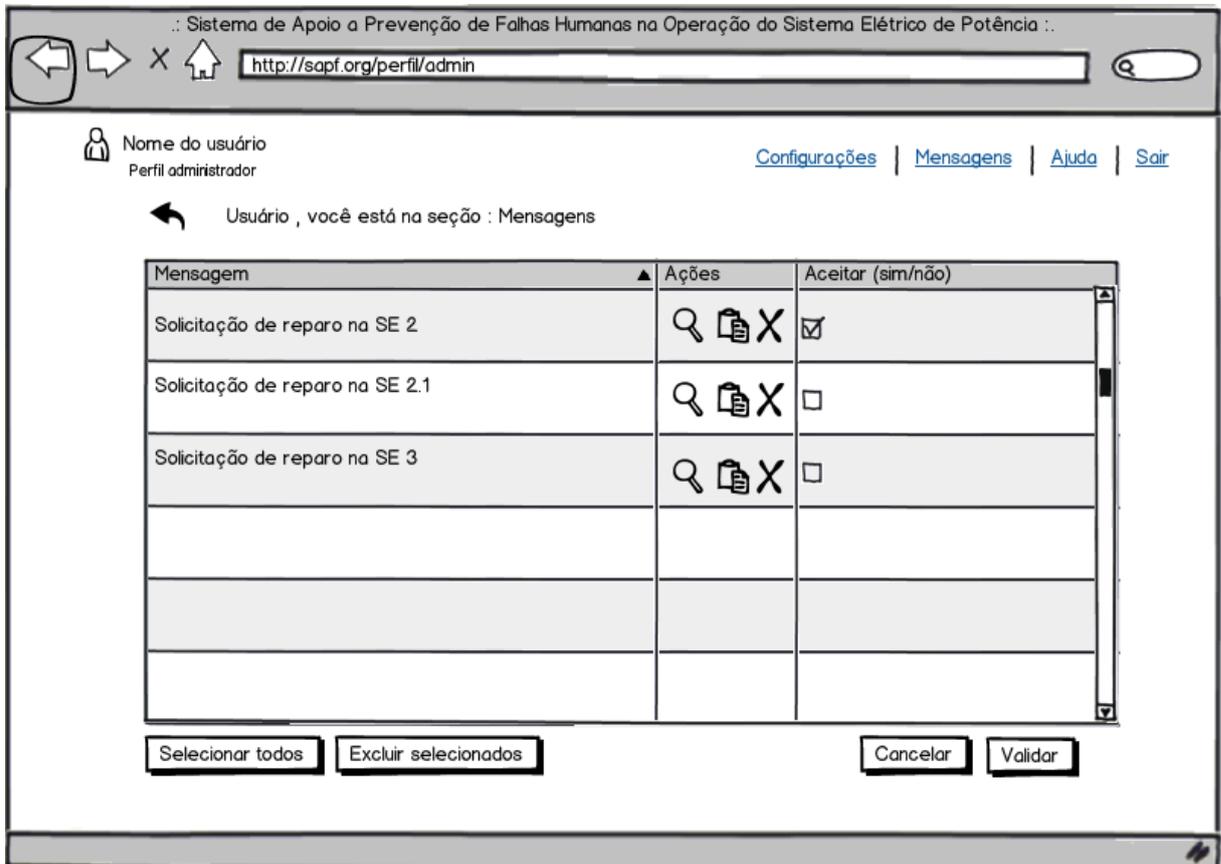
#### 4.1.1 Pré-operação

O Departamento de manutenção solicita um reparo de equipamento via email. Ao logar-se no SAPF, O ADM visualiza a mensagem na tela inicial do sistema. A Figura 16 representa esse passo no sistema.



**Figura 16.** Esboço de visualização de recebimento de mensagens de manobra

Ao clicar no *link* de mensagens, o ADM visualizará as solicitações pendentes em outra página e poderá validá-las. A Figura 17 ilustra essa visualização.



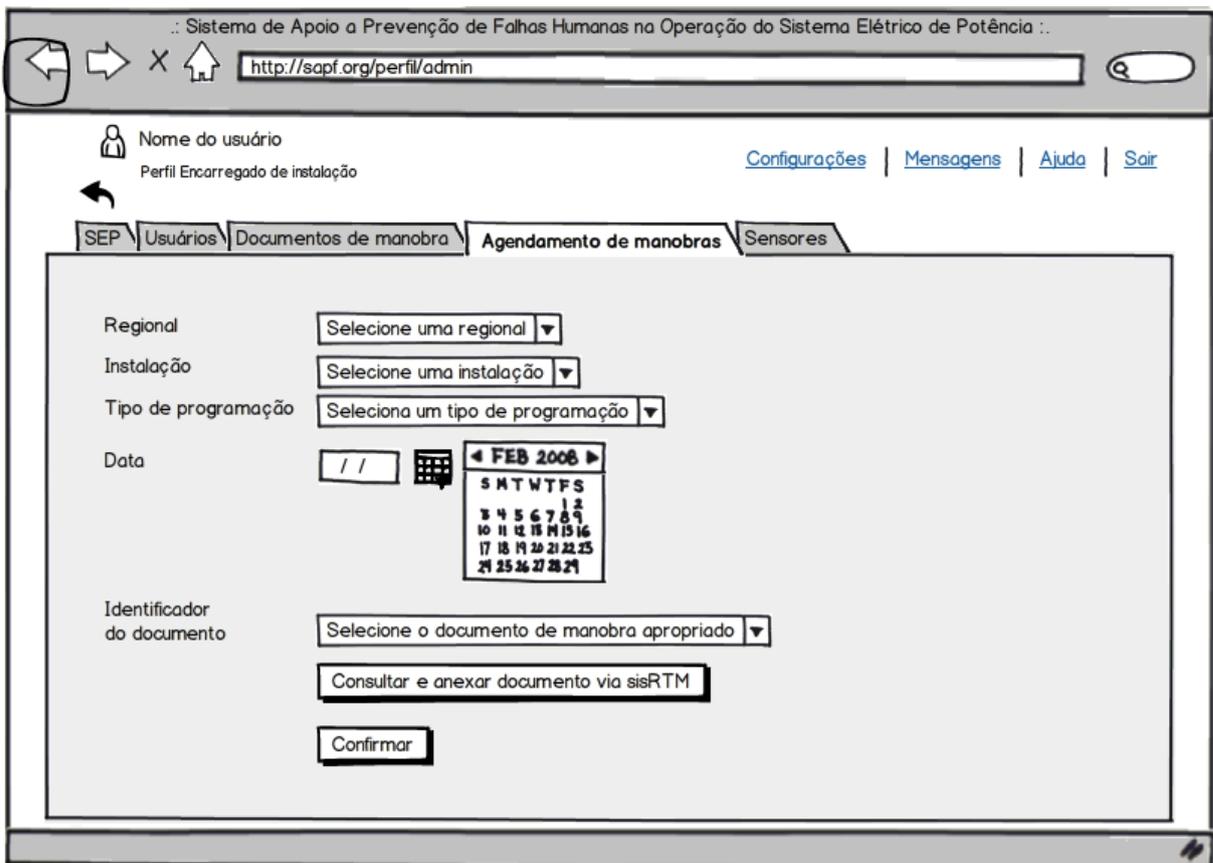
**Figura 17.** Esboço de visualização de mensagens no perfil de Administrador

A tabela acima contém todas as solicitações feitas no SE. Cada linha, possui um pedido único de reparo. A primeira coluna tem as mensagens solicitadas pelo DM. A coluna seguinte representa as ações que um ADM pode realizar para cada solicitação. O ícone representado por uma lupa permite que o usuário possa visualizar o arquivo. Já o ícone ilustrado por uma prancheta possibilita que o ADM

envie uma mensagem de resposta ou esclareça alguma dúvida sobre a solicitação. O ícone representado por um “X” corresponde à ação de remoção do arquivo. Essa opção é disponível apenas no perfil de operador. A última coluna, é destinada a aceitação do reparo de manobra pelo ADM. Ao escolher as solicitações desejadas, o ADM clica em validar. O sistema envia uma mensagem de aviso ao ADM confirmando se a validação foi aceita.

O sistema enviará uma mensagem de email de aceitação de reparo para o ENI e o DM. Ao término do fluxo de manobra, quando o relatório de execução de manobra é concluído, uma nova mensagem com a situação de concluído é enviada ao DM , ADM e o ENI.

Após receber uma solicitação de reparo, o ENI define as operações de manobra via SAPF. A consulta do roteiro de manobras também é realizada aqui. A Figura 18 demonstra essa ação no sistema.

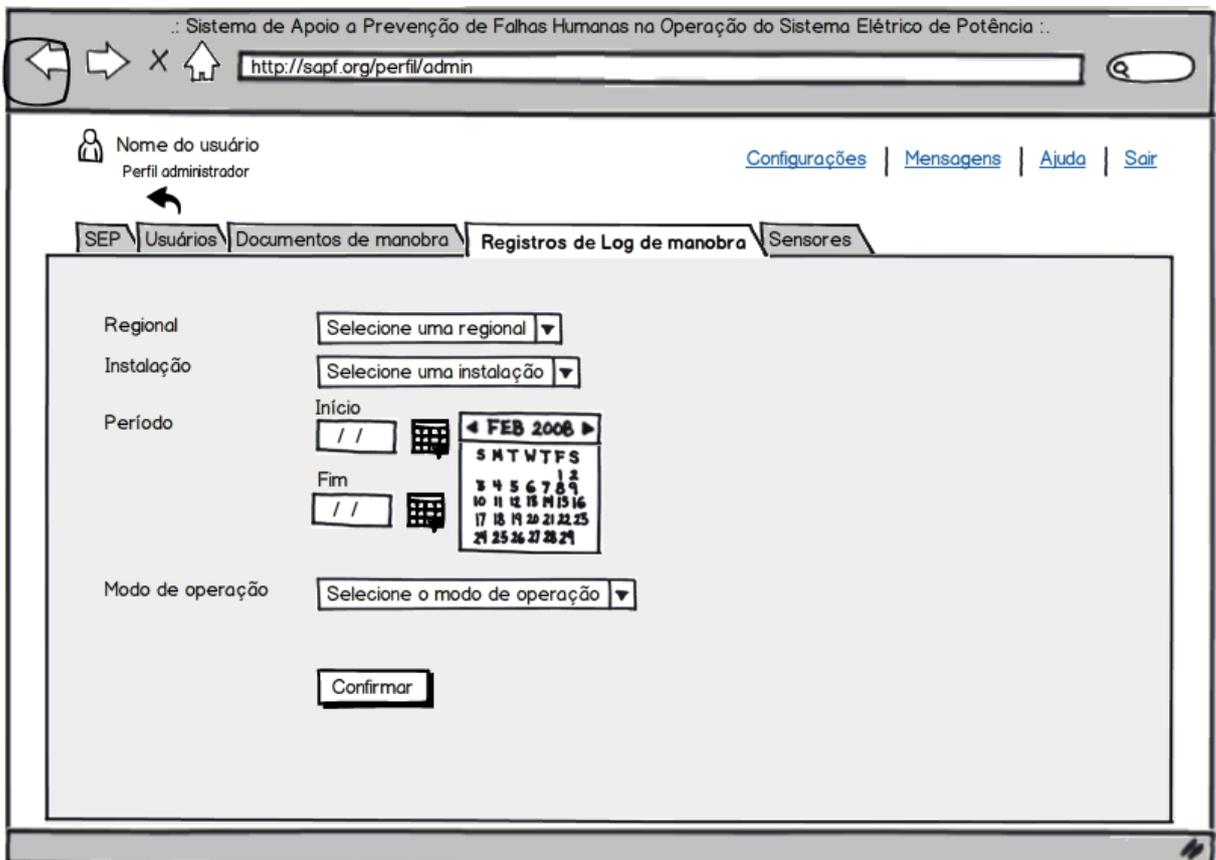


**Figura 18.** Esboço de tela da operação de agendamento de manobras.

Após consultar e anexar o documento de manobra, o ENI imprime o documento com diagramas auxiliares (opcional) e os envia para o OPS.

#### 4.1.2 Operação e pós operação

Nesta etapa, o sistema embarcado auxilia a manobra do OPI. O escopo do funcionamento e a aquisição de dados do sistema não serão abordos neste trabalho. Para maiores detalhes ver (FERREIRA, 2011). Ao término de uma operação de manobra, o SAPF auxilia na análise de melhorias de operações com a consulta de Logs de registro de operação como exemplificado na Figura 19.



**Figura 19.** Esboço de solicitação dos arquivos de registros de manobra.

O ADM seleciona a regional e o sistema oferece as instalações associadas à regional selecionada no campo Instalação. O campo período refere-se ao intervalo de tempo no qual o ADM deseja visualizar os registros. O campo de modo de operação possui as opções já discutidas – alerta, emergência e otimizado. Após clicar em confirmar, o ADM é redirecionado para tela de visualização de registros de

log de manobra. Aqui é possível editar, imprimir e visualizar os registros. Essa funcionalidade é ilustrada na Figura 20.

Registros do de Log de manobra	
Modo de operação : Modo Alerta    Período de atividades : 02/10 - 06/11	
Registros do sistema	Ações
Registro 1	  
Registro 2	  
Registro 3	  
Registro 4	  
Registro 5	  
Registro 6	  

**Figura 20.** Esboço de visualização de registros de uma SE.

Finalmente, podemos ver que usando o protótipo Balsamiq para o SAPF é possível identificar quais são os pontos fortes do processo otimizado e que pontos ainda poderiam ser aprimorados. Assim, além das funcionalidades supracitadas, algumas funções sugeridas seriam:

- Possibilidade de agendamento virtual de manobras;
- Monitoramento *online* dos sensores nas SEs;
- Visualização *online* da situação das SEs pelo sistema;
- Análise de registros de *logs* de manobra para questões de desempenho;
- Agendamento de programas de manobras (PGM) via *web* e fácil integração com serviço de roteiro de manobras (RTM), itens fundamentais durante o processo.

# Capítulo 5

## Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs uma otimização baseada em modelagem de processos, com o propósito de auxiliar a prevenção de falhas humanas nas instalações de SEP. O principal objetivo foi ajudar o OPI e sua difícil atividade de execução de manobras em tempo real. O trabalho apresentou como é fundamental conhecer as rotinas de trabalho dos operários antes de se implantar ou melhorar qualquer sistema computacional numa SEP. A partir da descrição dessas rotinas, foi possível apontar alguns pontos críticos e sugerir melhorias em seus respectivos ciclos de atividades. Os processos foram modelados, analisados e otimizados com o uso da ferramenta *BizAgi*.

O estudo de trabalhos relacionados tornou mais evidente a difícil tarefa de execução de manobras que os operadores de instalação realizam em tempo real e suas implicações para a sociedade. Além disso, vimos que propor soluções e melhorias num SEP não é uma tarefa trivial, mesmo que diversas áreas de estudo atuem em conjunto nesse cenário.

O sistema proposto – SAPF – tem potencial de mercado. A energia elétrica é um fator essencial para o crescimento econômico e o bem estar da população. Sistemas críticos como SEP são suscetíveis a falhas, e o uso de sistemas computacionais pode ajudar a reduzir essas falhas e seus eventuais custos de manutenção.

### 5.1 Discussão

Este trabalho foi proposto a partir de um protótipo de sistema computacional já existente. Com a aplicação de processos de negócios e BPM, foi possível tornar a análise do problema mais humana, ou seja, ir além dos resultados e expectativas de redução de custo. Além disso, abriu-se mais uma possibilidade de visualizar a

operação de manobra não só pela visão tecnológica, mas também pela visão de qualidade e gestão das tarefas dos empregados de um SEP.

## 5.2 Limitações

Uma das principais dificuldades foi encontrar exemplos de modelos de operação com cenários atuais de SEP envolvendo todos os colaboradores existentes. Por se tratar de um ambiente de acesso restrito como SEP, não foi possível testar o sistema e as modelagens em um cenário real. A validação do SAPF pelos usuários de um SE foi outro ponto a ser validado posteriormente. Após a conclusão da modelagem, não foi possível exemplificar o uso do SAPF para melhorias num SEP com os relatórios de manobras propostos.

## 5.3 Trabalhos futuros

A modelagem apresentada neste trabalho servirá como base para implantação de um futuro sistema computacional dentro das instalações elétricas. É sugerido refatorar o sistema em *software* deixando-o mais robusto, a fim de se projetar um *Framework* específico para SEP. Além disso, será necessário integrá-lo e testá-lo em ambiente real junto ao sistema embarcado. Assim, sugere-se o uso de técnicas baseadas em interface-humano-computador (IHC) que podem ajudar na usabilidade do sistema. Finalmente, através da elaboração de planos de testes será possível verificar a satisfação do usuário quanto as funcionalidades.

Com base na modelagem apresentada neste trabalho é possível definir um protótipo genérico para gestão de operação de manobras em SEP. Além disso, a modelagem facilitará uma futura análise quantitativa da taxa de falhas de operação. Através da conversão do modelo de processos e tarefas em modelos formais, é possível usar métodos formais de validação e verificação, isto é, verificar se o número de falhas diminui significativamente no processo sugerido em relação ao processo atual.

Finalmente, os registros (*logs*) coletados durante a execução de manobra podem ser utilizados na área de mineração de dados. As informações coletadas através do SAPF podem ser analisadas com o propósito de medir-se o desempenho dos OPI e a correlação de falhas. Assim, técnicas como *Business Intelligence* ajudariam a criar relatórios gerenciais para os níveis administrativos, isto é, para os encarregados de instalação, para os operadores de sistema e para o departamento de manutenção.

# Bibliografia

1. ABREU, Y. V. D.; OLIVEIRA, M. A. G. D.; GUERRA, S. M. G. **Energia sociedade e meio ambiente. [S.l.]: [s.n.]**, 2010. p. 175 ISBN 8469337742, 9788469337745.
2. ARAÚJO, S. D. et al. **Encontro para debates de assuntos de operação sisrtm - sistema de roteiro de manobras**. X-Edao. São Paulo: [s.n.]. 2008. p. 1-7.
3. AVOURIS, N. M. Abstractions for operator support in energy management systems. **Abstractions for operator support in energy management systems**, Rio Patras, 10 Outubro 2000. p. 333-341.
4. BOER, F. BPM HOJE. **BPM HOJE Business Process Management, Gestão por Processos, BPEL, SOA, BPM na prática, BPMN, Workflow**, 10 Fevereiro 2010. Disponível em: <<http://blog.cryo.com.br/2010/02/10/as-is-x-to-be/>>. Acesso em: 2 Setembro 2011.
5. COURRY, V. Laboratório de Sistemas de Energia Elétrica - USP - SP. **Site de Proteção e Análise de Sistemas Eletroenergéticos**, 2002. Disponível em: <[www.sel.eesc.sc.usp.br/protecao/apostilasep1.pdf](http://www.sel.eesc.sc.usp.br/protecao/apostilasep1.pdf)>. Acesso em: 19 outubro 2011.
6. DA CUNHA, F. C. R. **Operação Do Sistema Elétrico De Distribuição Do Estado Do Ceará**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Fortaleza, p. 85. 2011.
7. DE SOUSA, F. **Estudo E Projeto Elétrico Básico De Uma Subestação**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Vitória. 2007.
8. EDP IN BRAZIL GROUP. EDP Brasil, 2007. Disponível em: <[http://www.energiasdobrasil.com.br/energia/english/researchers\\_students/history\\_electrical\\_energy\\_brazil/history\\_electrical\\_energy\\_brazil.asp](http://www.energiasdobrasil.com.br/energia/english/researchers_students/history_electrical_energy_brazil/history_electrical_energy_brazil.asp)>. Acesso em: 20 outubro 2011.
9. FERREIRA, C. Economia & Energia. **e&e**, 13 maio 2011. Disponível em: <<http://ecen.com/eee32/sistelet.htm>>. Acesso em: 25 outubro 2011.
10. FERREIRA, H. M. **Sistema De Apoio A Prevenção De Falhas Humanas Na Operação De Sistemas Elétricos De Potência Em Tempo Real**. Universidade de Pernambuco. [S.l.]. 2011.
11. FLOYD, H. L. "Reducing Human Errors in Industrial Electric Power System Operation, Part I-Improving System Reliability," **Industry Applications**. "Reducing Human Errors in Industrial Electric Power System Operation, Part I-Improving System Reliability," **Industry Applications**, IA-22, n. 3, May 1986. p. 420-424.
12. GEUS, K. D.; DOMETERCO, J. H. **Visualização Qualitativa em Engenharia Utilizando Realidade Virtual**. Universidade Federal do Paraná. [S.l.], p. 7. 2004.

13. GLOVER, J. D. et al. **Power system analysis and design**. [S.l.]: Cengage Learning, v. 4, 2008. p. 752. ISBN 0534548849, 9780534548841.
14. GODOY, A. S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades**, 35, n. 2, 1995 1995. p. 57-63.
15. GONÇALVES, E. L. AS EMPRESAS SÃO GRANDES COLEÇÕES DE PROCESSOS. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, p. 6-19, Jan/Mar 2000.
16. GROSS, C. A. **Power system analysis**. 2. ed. [S.l.]: Wiley, 1986. 593 p. ISBN 0471862061, 9780471862062.
17. JUNG-WOON LEE et al. **A proposition of human factors approaches to reduce human errors in nuclear power plants**. Human Factors and Power Plants and HPRCT 13th Annual Meeting. [S.l.]: IEEE. 2007. p. 16-22, 26-31.
18. KÖNIG, R. **Engineering of IT Management Automation along Task Analysis, Loops, Function Allocation, Machine Capabilities**. LMU München: Fakultät für Mathematik., [S.l.], p. 348. 2010.
19. LEÃO, R., 2009. Disponível em: <[www.florestarbrasil.com.br/programa/Geracao-e-distribuicao-de-energia-eletrica-no-Brasil.pdf](http://www.florestarbrasil.com.br/programa/Geracao-e-distribuicao-de-energia-eletrica-no-Brasil.pdf)>. Acesso em: 19 outubro 2011.
20. LEE, R. G.; DALE, B. G. Business process management: a review and evaluation. **Business Process Management Journal**, Manchester, UK, v. 4, p. 214-225, 1998. ISSN 10.1108/14637159810224322.
21. LIMA, A. T. P. et al. O Contexto de trabalho , as IHMs e o erro humano na operação de sistemas elétricos. **SBSE**, p. 6, 2006.
22. MEDEIROS, E. B. et al. **Uma Nova Abordagem Para Diagnóstico De Falhas No Sistema Elétrico Baseado Em Redes De Petri Coloridas**. XII ERIAC - Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ. Foz do Iguaçu-Pr: Cigré. 2007. p. 8.
23. NETO, V. S.; JUNIOR, V. M. **Afinal, o que é Business Process Management (BPM)? Um novo conceito para um novo contexto**. **Revista eletrônica de sistemas de informação**, 8 novembro 2008.
24. PIRES,. **Descoberta de Causa-raiz em Ocorrências de Sistemas Elétricos**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 89. 2010.
25. PREVOST, M.-C. et al. **"Preventing human errors in power grid management systems through user-interface redesign,"** **Systems, Man and Cybernetics**, 7-10 Oct 2007. P. 626-631.
26. SANTOS, P. C. **Engenharia De Processos: Análise Do Referencial Teórico-Conceitual, Instrumentos, Aplicações E Casos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RIO DE JANEIRO, RJ, p. 297. 2002.
27. SANTOS, R. F. <http://www.rildosan.com/>. **eTecnologia - inovação, sustentabilidade e tecnologia**, 2009. Disponível em:

- <<http://pt.scribd.com/doc/34021365/15/Modelo-AS-IS-Modelo-TO-BE>>. Acesso em: 10 setembro 2011.
28. SILVA, A. C. M. CEFET - RN. **Curso Superior em Automação Industrial - Redes Industriais**, 2011. Disponível em: <[www.cefetrn.br/~walmy/RI\\_A9.pdf](http://www.cefetrn.br/~walmy/RI_A9.pdf)>. Acesso em: 28 outubro 2011.
29. SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 6. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.
30. TREAT,. BPMInstitute.org, 8 dezembro 2006. Disponível em: <<http://www.bpminstitute.org/articles/article/article/what-is-bpm-anyway.html>>. Acesso em: 1 novembro 2011.
31. VASCONCELOS, D. L.; DE FREITAS, A. A. F. **Redesenho de Processos-uma resposta à reengenharia. O caso da Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará**. Anais do IX Encontro de Pesquisadores. Fortaleza: [s.n.]. 2003. p. 15.
32. WHITE,. BPMN.org, 2006. Disponível em: <[www.bpmn.org/Documents/OMG\\_BPMN\\_Tutorial.pdf](http://www.bpmn.org/Documents/OMG_BPMN_Tutorial.pdf)>. Acesso em: 1 novembro 2011.
33. XAVIER,. **Integração de Requisitos Não-Funcionais a Processos de Negócio**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 61. 2009.
34. ZANETTA JUNIOR., L. C. **Fundamentos de sistemas elétricos de potência**. 1 edição. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, v. I, 2006. 312 p. ISBN 8588325411, 9788588325418.

# Apêndice A

## Exemplo de Roteiro de Manobra

<b>ORDEM DE MANOBRAS</b>		REFERÊNCIA:	RESPONSÁVEL / ORGÃO:	Nº
FINALIDADE / EQUIPAMENTO:		PERÍODO:		
Nº DE ORDEM	MANOBRAS	HORÁRIO EXECUÇÃO		
	<b>CONFIGURAÇÃO:</b>			
	DISJUNTOR 14D1 ABERTO COM CHAVES ASSOCIADAS FECHADAS, DISJUNTOR 14S1 ENERGIZANDO LT 04S1 E TODAS AS CHAVES "BY-PASS" 230 KV ABERTAS.			
<b>1</b>	<b>LIBERAÇÃO:</b>			
1.1	COAO - AUTORIZAR INST LIBERAÇÃO 14S1.			
1.2	INST - CONFIRMAR 14D1 ABERTO.			
1.3	INST - COLOCAR CHAVES CLT-14S1 E CLT-14D1 NA POSIÇÃO " <b>LOC</b> ".			
1.4	INST - FECHAR 34S1-6.			
1.5	INST - COLOCAR CHAVE 43-14S1 NA POSIÇÃO " <b>TRANSFERÊNCIA</b> ".			
1.6	INST - COLOCAR CHAVE 43-14D1 NA POSIÇÃO " <b>TRANSFERÊNCIA</b> ".			
1.7	INST - FECHAR 14D1.			
1.8	INST - ABRIR 14S1.			
1.9	INST - ABRIR 34S1-4 E 34S1-5.			
1.10	INST - ENTREGAR 14S1 ISOLADO AO RESPONSÁVEL.			
1.11	INST - COLOCAR CHAVE CLT-14D1 NA POSIÇÃO " <b>TEL</b> ".			
1.12	INST - INFORMAR COAO CONCLUSÃO LIBERAÇÃO 14S1.			
<b>2</b>	<b>NORMALIZAÇÃO:</b>			
2.1	INST - RECEBER 14S1 LIVRE PARA OPERAÇÃO.			
2.2	COAO - AUTORIZAR INST NORMALIZAÇÃO 14S1.			
2.3	INST - COLOCAR CHAVE CLT-14D1 NA POSIÇÃO " <b>LOC</b> ".			
2.4	INST - FECHAR 34S1-4 E 34S1-5.			
2.5	INST - FECHAR 14S1.			
2.6	INST - ABRIR 14D1.			
2.7	INST - COLOCAR CHAVE 43-14D1 NA POSIÇÃO " <b>NORMAL</b> ".			
2.8	INST - COLOCAR CHAVE 43-14S1 NA POSIÇÃO " <b>NORMAL</b> ".			
2.9	INST - ABRIR 34S1-6.			
2.10	INST - COLOCAR CHAVES CLT-14S1 E CLT-14D1 NA POSIÇÃO " <b>TEL</b> ".			
2.11	INST - INFORMAR COAO CONCLUSÃO NORMALIZAÇÃO 14S1.			
Nº RTM INST-P-1007 7ª EDIÇÃO 08/11/01		( FOLHA 1/1 )		
PROGRAMAÇÃO / PREPARAÇÃO		VISTO EXECUÇÃO		
DESPACHANTE / OPERADOR		LIBERAÇÃO:	NORMALIZAÇÃO:	