

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

Nilton Telichevesky

**FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA APOIO À TOMADA DE
DECISÃO EM CONFLITOS POR RESSARCIMENTO DE DANOS
ENTRE CONSUMIDORES E DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA
ELÉTRICA**

**Porto Alegre
2007**

Nilton Telichevesky

**FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA APOIO À TOMADA DE
DECISÃO EM CONFLITOS POR RESSARCIMENTO DE DANOS
ENTRE CONSUMIDORES E DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA
ELÉTRICA**

**Monografia apresentada como
requisito parcial à obtenção do grau de
Especialista em Regulação de Serviços
Públicos, pelo Programa de Pós-
Graduação em Administração da
Escola de Administração da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.**

**Orientadora: Profa. Dra. Gladis Bordin
Schuch**

Porto Alegre

2007

Nilton Telichevesky

**FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA APOIO À TOMADA DE DECISÃO EM
CONFLITOS POR RESSARCIMENTO DE DANOS ENTRE CONSUMIDORES E
DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Monografia apresentada como
requisito parcial à obtenção do grau de
Especialista em Regulação de Serviços
Públicos, pelo Programa de Pós-
Graduação em Administração da
Escola de Administração da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.**

Conceito final:

Aprovado em de de .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. –

Prof. Dr. –

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Rejane e aos meus filhos Priscila e Lucas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Superior da AGERGS, por ter possibilitado a realização do Curso de Especialização em Regulação dos Serviços Públicos.

Ao Dr. Jorge Accurso, Diretor-Geral da AGERGS, por seu apoio ao desenvolvimento do assunto desta monografia.

À Professora Dra. Gladis Bordin Schuch pela orientação e incentivo na elaboração deste trabalho.

À colega Luciana Luso de Carvalho pelas importantes contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas da AGERGS que contribuíram para o aprendizado das disciplinas do Curso de Especialização em Regulação dos Serviços Públicos.

RESUMO

Esta monografia aborda a implementação de um sistema especialista para análise de reclamações formuladas por consumidores em relação ao ressarcimento de danos ocorridos em equipamentos elétricos. Apresentam-se as bases legais e técnicas a partir das quais o sistema especialista, ao receber dados sobre casos específicos, poderá inferir decisões sobre a efetivação ou não de ressarcimentos. O protótipo desenvolvido neste trabalho será utilizado para auxiliar o regulador na tomada de decisão para solução de conflitos sobre ressarcimentos de danos entre consumidores e distribuidoras de energia elétrica. Os objetivos do protótipo são testar a viabilidade da utilização prática dessa metodologia no apoio ao regulador e avaliar a possibilidade de sua extensão a outras áreas de atuação das agências reguladoras.

Palavras-chave: sistema especialista, danos elétricos, perturbações elétricas.

ABSTRACT

This monograph explains how an expert system that analyzes consumer claims about electrical equipment damage was built. The consumer claims are first addressed to the local power company. If the consumer disagrees on the decision of the electrical power company, he can ask for regulatory agency assistance. The expert system receives data from specific cases and infers decisions on technical and legal bases, which are explained on this monograph. An expert system prototype has been developed to assist the regulator reimbursement decision making. The purposes of the prototype are: to test this methodology in real cases and to evaluate its application to other working areas of regulatory agencies.

Key words: expert system, electrical damage, electrical disturbance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funções Básicas de um Sistema Especialista.....	17
Figura 2 – Passos no desenvolvimento de um Sistema Especialista.....	50
Figura 3 - Arquitetura de uma máquina de regras típica.....	53
Figura 4 – Chamada do ambiente JESS.....	60
Figura 5 – O programa “Hello, World!” em JESS.....	60
Figura 6 – Utilização de um arquivo contendo a programação de JESS.....	61
Figura 7 – Chamada de funções das bibliotecas do Java a partir de JESS.....	69
Figura 8 – Exemplo de uso da função while.....	72
Figura 9 – Organização adotada no SETD-PRD.....	81
Figura 10 – Janela do SETD-PRD logo após a inicialização.....	86
Figura 11 – Janela do SETD-PRD após digitação do nome do consumidor.....	89
Figura 12 – Tela do SETD-PRD com os dados de qualificação do consumidor Preenchidos.....	93
Figura 13 – Pergunta sobre tensão de atendimento no SETD-PRD.....	94
Figura 14 – Possibilidades de perturbações na rede secundária.....	96
Figura 15 – Seleção de módulos com defeito em equipamentos dotados de motores.....	98
Figura 16 – Janela de Diálogo com constatação resumida sobre caso sob análise.....	100
Figura 17 – Pergunta sobre excludentes de responsabilidade.....	101
Figura 18 – Janela de Diálogo com determinação à concessionária para deferimento do pedido de ressarcimento de danos.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de Reclamações sobre Ressarcimento de Danos Formulados à AGERGS.....	15
Tabela 2 – Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em ramal de ligação Monofásico.....	38
Tabela 3 – Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em rede de distribuição secundária.....	39
Tabela 4 – Fase interrompida, ou com contato inadequado, em rede de distribuição secundária.....	40
Tabela 5 – Curto-circuito entre fase e neutro em rede de distribuição secundária.....	41
Tabela 6 – Curto-circuito entre duas fases em rede de distribuição secundária.....	43
Tabela 7 – Níveis de tensão inadequados.....	45
Tabela 8 – Falta de uma fase na rede primária.....	46
Tabela 9 – Manobras na rede primária.....	47
Tabela 10 – Descargas atmosféricas.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ASE – Arcabouço de Sistema Especialista.

CDC – Código de Defesa do Consumidor, Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990.

CELPA – Centrais Elétricas do Pará.

CLIPS - *C Language Integrated Production System*.

DPS – Dispositivo de proteção contra surtos.

IA – Inteligência Artificial.

IAC – *Iterative Activation and Competition*.

JESS – *Java Expert System Shell*.

JVM – *Java Virtual machine* (Máquina Virtual Java)

LHS – *Left-hand side* (antecedente de uma regra).

NESC - Núcleo de Energia, Sistemas e Comunicação.

RHS – *Right-hand side* (conseqüente de uma regra).

SE – Sistema Especialista.

SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão em Pedidos de Ressarcimento de Danos.

UFPA – Universidade Federal do Pará.

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.3 CONCEITUAÇÃO DE SISTEMA ESPECIALISTA.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	19
1.5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.....	19
1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 A LEGISLAÇÃO E OS ASPECTOS TÉCNICOS APLICÁVEIS AO RESSARCIMENTO DE DANOS NO SETOR ELÉTRICO.....	22
2.1 APLICAÇÃO DO CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR À PRESTAÇÃO DO SERVIÇO PÚBLICO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	23
2.1.1 Requisitos necessários para o ressarcimento de danos.....	24
2.1.2 Causas excludentes de responsabilidade.....	26
2.2 A RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N.º 61/2004.....	28
2.2.1 As excludentes de responsabilidade na Resolução 61/2004.....	31
2.3 PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DOS PEDIDOS DE RESSARCIMENTO.....	31
2.3.1 Procedimentos para avaliação do pedido de ressarcimento.....	32
2.3.2 Caracterização do dano no equipamento elétrico do consumidor.....	33
2.3.3 Caracterização da perturbação na rede de distribuição.....	33
2.3.4 Tabelas descritivas de eventos que podem causar danos a equipamentos elétricos.....	35

3 A UTILIZAÇÃO DE JESS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	49
3.1 CONCEITOS GERAIS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	49
3.2 TECNOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	51
3.3 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO ATRAVÉS DE REGRAS.....	52
3.4 ARQUITETURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.....	53
3.4.1 A máquina de inferência.....	54
3.4.2 A base de regras.....	54
3.4.3 A memória de trabalho.....	55
3.4.4 O comparador de padrões.....	55
3.4.5 A agenda.....	56
3.4.6 A máquina de execução.....	57
3.4.7 Programação declarativa.....	57
3.5 INTRODUÇÃO AO SISTEMA JESS.....	58
3.6 INSTALAÇÃO DE JESS.....	59
3.7 EXECUÇÃO DE JESS.....	59
3.8 EXEMPLO DE PROGRAMA JESS.....	60
3.9 INTRODUÇÃO À LINGUAGEM JESS.....	62
3.9.1 Os elementos básicos da linguagem JESS.....	62
3.9.2 Listas.....	64
3.9.3 Chamadas de funções.....	65
3.9.4 Variáveis.....	65
3.9.5 Definição de funções em JESS.....	67
3.9.6 Construções para ajuste de funções.....	68
3.9.7 Criando e manipulando objetos Java a partir de JESS.....	68
3.9.8 Construções para controle de fluxo.....	70
3.10 REPRESENTAÇÃO DE FATOS EM JESS.....	72
3.10.1 Fatos ordenados em JESS.....	73
3.10.2 Fatos não-ordenados em JESS.....	74
3.10.3 A construção deftemplate.....	75
3.10.4 A construção deffacts.....	77
3.11 Representação de regras em JESS.....	78

4 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA RESSARCIMENTO DE DANOS NO SETOR ELÉTRICO.....	80
4.1 ARQUITETURA DO PROGRAMA SETD-PRD.....	80
4.2 A EXECUÇÃO DO PROGRAMA SETD-PRD.....	82
4.3 OS CICLOS EXECUTADOS NO PROGRAMA SETD-PRD.....	83
4.3.1 O primeiro passo após reset.....	84
4.3.2 Os ciclos subseqüentes da máquina de inferência.....	84
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SETD-PRD.....	90
4.4.1 Grupo-1 - qualificação do consumidor.....	92
4.4.2 Grupo-2 - requisitos de abrangência.....	93
4.4.3 Grupo-3 - prazos para formulação do pedido e para inspeção do equipamento danificado.....	95
4.4.4 Grupo-4 – caracterização da perturbação no sistema elétrico.....	95
4.4.5 Grupo-5 - caracterização do dano no equipamento.....	97
4.4.6 Grupo-6 - avaliação do nexo causal.....	98
4.4.7 Grupo-7 - excludentes de responsabilidade da concessionária.....	100
4.5 TESTES REALIZADOS NO PROTÓTIPO.....	102
4.6 SUGESTÕES PARA MELHORIAS DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL..	103
5 CONCLUSÃO.....	105
APÊNDICE A - LISTAGEM DO PROGRAMA SETD-PRD.....	106

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 MOTIVAÇÃO

A ocorrência de perturbações em um sistema de distribuição de energia elétrica pode provocar danos em equipamentos eletroeletrônicos localizados em unidades consumidoras conectadas a esse sistema. Se o consumidor de energia elétrica entender que o dano teve origem no sistema de distribuição, formula pedido de ressarcimento à concessionária de distribuição, a qual deve efetuar a análise da solicitação com base na legislação aplicável ao setor elétrico brasileiro e decidir sobre o deferimento ou não do pedido.

Se não concordar com a decisão tomada pela concessionária, o consumidor apresenta reclamação a uma agência de regulação, que pode ser a Agência Estadual conveniada com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, ou na inexistência desta, a própria Agência Nacional. Em vista da reclamação, cabe à agência de regulação a avaliação dos procedimentos adotados pela concessionária na análise do pedido de ressarcimento de danos, com a conseqüente informação ao consumidor e à concessionária sobre o resultado da avaliação efetivada. Se for o caso, a agência de regulação emite uma determinação para que a concessionária efetue correções na decisão.

As reclamações apresentadas à ANEEL ou às agências estaduais conveniadas têm sofrido aumento significativo nos últimos anos, à medida que as agências de regulação tornam-se mais conhecidas da Sociedade. Para exemplificar, a Tabela 1 apresenta a quantidade anual, no período compreendido entre 2000 e 2006, de reclamações sobre ressarcimento de danos, referentes à distribuição de energia elétrica, formulados à Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul – AGERGS, que é uma das agências conveniadas com a ANEEL. Cada entrada na tabela é a soma das reclamações sobre ressarcimento de danos apresentadas à AGERGS por consumidores de cada uma das concessionárias de distribuição do Estado do Rio Grande do Sul.

Verifica-se na Tabela 1 que, nos anos de 2005 e 2006 a AGERGS recebeu, em média, 100 reclamações por mês relacionadas a pedidos de ressarcimento de danos.

Tabela 1 – Quantidade de Reclamações sobre Ressarcimento de Danos Formulados à AGERGS

Ano	Número de Reclamações
2000	3
2001	23
2002	492
2003	867
2004	816
2005	1.274
2006	1.108
TOTAL	4.583

Fonte: ANEEL. Quantidade de Solicitações por Situação/Concessionários Registradas CTA/ANEEL¹.

Além da avaliação de cada uma dessas reclamações, é de responsabilidade da agência de regulação a realização de fiscalizações técnico-comerciais periódicas das concessionárias de distribuição, devendo estar incluída entre os temas dessas fiscalizações a verificação dos procedimentos adotados na análise dos pedidos de ressarcimento de danos. Como o universo de pedidos de ressarcimento de danos recebidos por uma concessionária de distribuição é significativo, a fiscalização é efetuada com base em amostras escolhidas aleatoriamente no universo de pedidos. A quantidade de pedidos incluídos em cada amostra deve ser suficiente para que seja possível inferir, com margem de erro relativamente pequena, a respeito do comportamento da concessionária diante de pedidos de ressarcimento de danos.

A avaliação do procedimento adotado pela concessionária em cada caso específico de pedido de ressarcimento de danos deve, então, ser conduzida pela agência de regulação tanto para cada uma das reclamações recebidas de consumidores quanto para cada uma das amostras selecionadas para realização de fiscalização.

¹ A página da Internet citada contém a quantidade de reclamações formuladas em um determinado período de tempo para cada concessionária de distribuição do Estado do Rio Grande do Sul, de modo que a página foi acessada sete vezes, uma vez para cada ano, e somados os números de reclamações de todas as concessionárias.

Essa avaliação é complexa, requerendo treinamento especializado dos técnicos em regulação que atuam nessa área, em decorrência da necessidade de conhecimentos aprofundados de aspectos técnicos e jurídicos relacionados ao tema.

Considerando-se a expressiva demanda de reclamações sobre ressarcimento de danos, bem como o esforço necessário para a efetivação da análise relativa a cada uma delas, a utilização de ferramentas computacionais para assistir os técnicos em regulação na análise dessas reclamações é uma forma adequada de facilitar esse trabalho, de aumentar a produtividade e de melhorar a sua qualidade. Além disso, a utilização destas ferramentas computacionais pode uniformizar as decisões tomadas por reguladores diversos, ajudar na manutenção de uma “memória” das agências reguladoras e facilitar o ingresso de novas pessoas na execução destas atividades.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O Código de Defesa do Consumidor – CDC, Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990, combinado com a Resolução Normativa ANEEL nº. 61, de 29 de abril de 2004, estabelecem as diretrizes a serem seguidas, quando se processam pedidos de ressarcimento de danos formulados por consumidores de energia elétrica. Os três elementos básicos que precisam ser analisados são o dano do equipamento, a perturbação do sistema elétrico que fornece energia elétrica à unidade consumidora e o nexo de causalidade entre a perturbação e o dano reclamado.

Atualmente, há uma quantidade expressiva de conhecimentos acumulados sobre esses três elementos básicos na ANEEL, nas agências conveniadas e nas concessionárias de distribuição de energia elétrica.

O regulador, ao tomar decisões sobre reclamações de ressarcimento de danos, analisa os fatos apresentados pelo consumidor e pela concessionária a partir dos conhecimentos existentes sobre esses assuntos. O problema de que trata este trabalho é o da elaboração de ferramenta computacional que auxilie o regulador na tomada de decisões baseada neste modo de análise dos fatos.

1.3 CONCEITUAÇÃO DE SISTEMA ESPECIALISTA

A idéia de um sistema computacional capacitado a tomar decisões inteligentes, comparáveis àsquelas tomadas pelos seres humanos, está presente desde a construção dos primeiros computadores eletrônicos no século XX (SHIMIZU, 2006).

A tomada de decisão pela modelagem dos fatos a partir dos conhecimentos existentes sobre ressarcimento de danos é compatível com alguns modelos desenvolvidos no contexto da Inteligência Artificial – IA, que é um ramo da Ciência da Computação (BITTENCOURT, 2006, p. 53). Mais especificamente, a área de Sistemas Especialistas – SE, que está incluída na IA (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 5), é uma das técnicas de IA adequadas a essa metodologia de tomada de decisão.

A Figura 1 ilustra o conceito básico do sistema especialista.

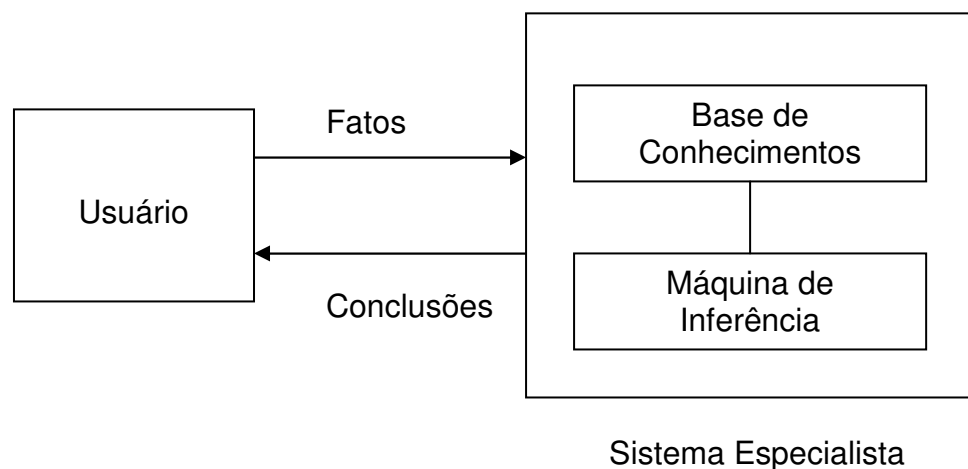


Figura 1 - Funções Básicas de um Sistema Especialista
 FONTE: (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 6).

Na Figura 1, nota-se que o usuário fornece fatos ou outras informações ao sistema especialista e recebe conclusões como resposta. Internamente, o sistema especialista constitui-se de dois componentes principais: a base de conhecimentos e a máquina de inferência. A base de conhecimentos contém as regras a partir das quais a máquina de inferência obtém conclusões.

O conhecimento de um especialista é específico ao domínio de um problema. Giarratano; Riley (2005, p. 6) definem o domínio de um problema como a

área específica do problema, tal como medicina, finanças, ciências ou engenharia, na qual o especialista está muito bem qualificado. Os sistemas especialistas, de forma similar aos especialistas humanos, são, geralmente, projetados para atuarem em um único domínio de problema.

Conforme Giarratano; Riley (2005, p. 6) existem, também, sistemas baseados em conhecimento que foram projetados com a finalidade de atuarem como assistentes inteligentes para especialistas humanos. O projeto desses assistentes inteligentes utiliza-se da tecnologia de sistemas especialistas devido, principalmente, a uma vantagem de projeto: ao longo do tempo, à medida que mais conhecimentos são incluídos no assistente inteligente, mais ele se aproxima da atuação do especialista humano. Deste modo, os incrementos sucessivos no conhecimento disponível num assistente inteligente podem ser marcos importantes no andamento do projeto de um sistema especialista completo.

O modo de funcionamento de um sistema especialista é similar à metodologia utilizada pelo regulador ao analisar e tomar decisões referentes a reclamações sobre ressarcimento de danos. Desta forma, entendeu-se que a melhor opção para a construção da ferramenta computacional para apoio à tomada de decisão pelo regulador em conflitos por ressarcimento de danos entre consumidores e distribuidoras de energia elétrica é a implementação de um sistema especialista voltado para esse domínio.

A implementação do assistente inteligente para análise de reclamações de ressarcimento de danos consiste, então, na criação da base de conhecimentos sobre o tema, na utilização de uma máquina de inferência e no estabelecimento das interfaces de comunicação com o especialista (regulador).

A base de conhecimentos é criada a partir de informações oriundas do CDC, da Resolução Normativa ANEEL Nº. 61/04 e da modelagem das perturbações elétricas ocorridas nos sistemas de distribuição e de seus efeitos em equipamentos eletroeletrônicos.

Duas ferramentas de desenvolvimento de sistemas especialistas foram avaliadas:

- 1) CLIPS, que é um acrônimo para *C Language Integrated Production System* (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 384) e
- 2) JESS, que é um acrônimo para *Java Expert System Shell* (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p.34).

As duas ferramentas de desenvolvimento são similares, gratuitas e usam linguagens de programação com muitas semelhanças. Entretanto, JESS apresenta vantagens na implementação da interface com o usuário, pois tem disponível para o programador as principais bibliotecas da linguagem Java. Deste modo, JESS foi o ambiente de desenvolvimento de projeto escolhido para a implementação do protótipo e será abordado no Capítulo 3 deste trabalho.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a implementação de um protótipo com o uso de sistema especialista para assistir o regulador na tomada de decisões relativas a reclamações sobre ressarcimento de danos.

1.5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Adotou-se o método hipotético-dedutivo segundo Popper (LAKATOS; MARCONI, 2007, p. 95) no desenvolvimento desta monografia. Esse método ficou caracterizado pelos três passos percorridos no processo investigatório, conforme descrito a seguir.

1) **Especificação do problema:** alcançada através da análise da motivação para a criação de uma ferramenta computacional para assistir o regulador na tomada de decisões sobre ressarcimento de danos elétricos e na descrição detalhada da forma pela qual o regulador toma decisões sobre esse assunto (Seção 1.1 e Capítulo 2),

2) **Proposta da solução:** propôs-se que a programação de um protótipo, de acordo com o paradigma de sistema especialista baseado em regras, constitui-se em uma ferramenta computacional que colabore na solução do problema (Seção 1.3 e Capítulo 3).

3) **Execução de testes:** programou-se um protótipo (Capítulo 4), que foi utilizado na realização de testes visando à observação do atendimento às

expectativas estabelecidas na formulação do problema. Os resultados dos testes contribuem para a implantação de melhorias no sistema especialista desenvolvido.

1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Núcleo de Energia, Sistemas e Comunicação – NESC do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará - UFPA desenvolveu um sistema computacional para o atendimento a solicitações de ressarcimento de danos formulados por consumidores da concessionária de distribuição CELPA – Centrais Elétricas do Pará. O sistema compõe-se de um banco de dados de ocorrências na rede de distribuição da concessionária, de um banco de dados de ocorrências no consumidor e do módulo de consulta inteligente, que é baseado na tecnologia de Rede Neural Artificial, tipo IAC – Iterative Activation and Competition (GARCEZ, 2003). A tecnologia de Rede Neural Artificial também está incluída na IA (GIARRATANO; RILEY, 2005).

O paradigma de programação dos Sistemas Neurais Artificiais baseia-se no modo como os sistemas nervosos biológicos – exemplo, o cérebro humano - processam informações. As unidades de processamento que compõem a rede são denominadas neurônios (GIARRATANO; RILEY, 2005).

A operação da rede desenvolvida pelo NESC não inclui uma fase de aprendizado e o estado inicial e a topologia da rede são estabelecidos na partida do sistema (GARCEZ, 2003).

Na rede do NESC, os neurônios formam três grupos: Sintomas, Problemas de Qualidade de Energia e Defeitos na rede Elétrica. Existe um neurônio para cada tipo de dano – o sintoma - nos equipamentos eletroeletrônicos. Da mesma forma, existe um neurônio para cada tipo de problema de qualidade de energia e de defeito na rede elétrica. Quando a rede processa uma reclamação sobre ressarcimento de danos, a partir do dano no equipamento eletroeletrônico informado pelo consumidor e conferido pela concessionária, é acionado o neurônio do grupo sintomas correspondente ao tipo de dano. Em conseqüência, a rede neural apresenta como saída os mais prováveis problemas de qualidade de energia e defeitos na rede elétrica que correspondam àquele sintoma. Esses problemas e defeitos são

pesquisados no banco de dados de ocorrências na rede de distribuição, para que o sistema chegue a uma conclusão em relação à efetivação do ressarcimento (GARCEZ, 2003).

Embora os objetivos finais do sistema desenvolvido pelo NESC e daquele proposto neste trabalho sejam os mesmos – decisões sobre pedidos de ressarcimento de danos -, os paradigmas de Inteligência Artificial adotados são diferentes. Nesta monografia, adota-se o paradigma dos sistemas especialistas, “concebidos para reproduzir o comportamento de especialistas humanos na resolução de problemas do mundo real, mas o domínio destes problemas é altamente restrito” (BITTENCOURT, 2006). O sistema do NESC é mais voltado para a busca da causa do dano reclamado, enquanto que o sistema da monografia está mais voltado para a conferência dos procedimentos adotados pela concessionária na tomada de decisão em relação ao pedido de ressarcimento de danos formulado.

Notou-se, durante pesquisa realizada na Internet, exceto pelo trabalho do NESC, aqui referido, a inexistência de referências ao uso de métodos de Inteligência Artificial para a condução de soluções para o tema tratado nesta monografia. Assim, para atingir os objetivos propostos, o trabalho é estruturado conforme segue.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 aborda os aspectos legais, regulamentares e técnicos utilizados pelos reguladores em tomadas de decisão relativas a conflitos sobre ressarcimentos de danos.

O Capítulo 3 apresenta a arquitetura de um sistema especialista e os pontos principais da programação de um sistema especialista, utilizando a ferramenta JESS.

O Capítulo 4 descreve a programação do protótipo em JESS, a elaboração das regras a serem incluídas na base de conhecimentos, partindo da base técnico-jurídica desenvolvida no Capítulo 2.

2 A LEGISLAÇÃO E OS ASPECTOS TÉCNICOS APLICÁVEIS AO RESSARCIMENTO DE DANOS NO SETOR ELÉTRICO

Na Seção 1.3 abordou-se a necessidade de criação de uma *base de conhecimentos* relacionada ao domínio de atuação de um sistema especialista. O sistema especialista obtém conclusões a partir das informações disponíveis na base de conhecimentos e dos fatos fornecidos pelo usuário.

Assim, o primeiro passo a ser dado no desenvolvimento de um sistema especialista é a coleta das informações sobre o domínio do sistema, visando à elaboração da correspondente base de conhecimentos do sistema. O processo de coleta de informações sobre um domínio é chamado de *engenharia do conhecimento*, a qual inclui a obtenção de dados a partir do estudo de publicações - tais como livros, revistas e Internet - e de entrevistas realizadas com especialistas no domínio do sistema. As entrevistas realizadas com especialistas permitem obter, muitas vezes, informações sobre regras práticas (heurísticas) utilizadas na solução de problemas do domínio (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 37).

Este capítulo aborda a modelagem técnico-jurídica utilizada pela ANEEL e Agências Estaduais conveniadas na análise de pedidos de ressarcimento de danos ocorridos em equipamentos eletroeletrônicos, formulados por consumidores, em decorrência do fornecimento de energia elétrica.

Essa modelagem tem evoluído desde o início das atividades da Agência Nacional e pode ser objeto de alterações ao longo do tempo, à medida que novas contribuições forem discutidas e estabelecidas. A base de conhecimentos deverá ser modificada em decorrência dessas possíveis evoluções do modelo, de modo a se manter sempre atualizada.

No Capítulo 3, a modelagem apresentada neste capítulo é utilizada para a criação da base de conhecimentos necessária à implementação da ferramenta computacional objeto desta monografia.

2.1 APLICAÇÃO DO CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR À PRESTAÇÃO DO SERVIÇO PÚBLICO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Código de Defesa do Consumidor - CDC, instituído pela Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990, determina, em diversos dispositivos, sua aplicação aos serviços públicos remunerados por tarifas, quer sejam prestados diretamente por entes públicos, quer sejam prestados por seus delegatários.

Nesse sentido, o art. 4º, VII, do CDC consagra a racionalização e melhoria dos serviços públicos como um dos princípios da Política Nacional de Relações de Consumo. Cite-se, também os arts. 6º, X, e 22 da referida legislação:

Art. 4º A Política Nacional de Relações de Consumo tem por objetivo o atendimento das necessidades dos consumidores, o respeito a sua dignidade, saúde e segurança, a proteção de seus interesses econômicos, a melhoria da sua qualidade de vida, bem como a transferência e harmonia das relações de consumo, atendidos os seguintes princípios:

[...]

VII - racionalização e melhoria dos serviços públicos;

[...]

Art. 6º. São direitos básicos do consumidor:

[...]

X – a adequada e eficaz prestação dos serviços públicos em geral.

[...]

Art. 22. Os órgãos públicos, por si ou suas empresas, concessionárias, permissionárias ou sob qualquer outra forma de empreendimento, são obrigados a fornecer serviços adequados, eficientes, seguros e, quanto aos essenciais, contínuos.

Parágrafo único. Nos casos de descumprimento, total ou parcial, das obrigações referidas neste artigo, serão as pessoas jurídicas compelidas a cumpri-las e a reparar os danos causados, na forma prevista neste código.

Além disso, a aplicação do Código de Defesa do Consumidor aos serviços públicos é expressamente reconhecida pelo art. 7º, *caput*, da Lei n.º 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre a concessão e permissão da prestação de serviços públicos², e, especificamente em relação ao setor elétrico, pelo art. 14, *caput*, do Decreto n.º 2.335, de 06 de outubro de 1997, que criou a ANEEL³.

² “Art. 7º. Sem prejuízo do disposto na Lei 8.078, de 11 de setembro de 1990, são direitos e obrigações dos usuários”;

³ “Art. 14. As ações de proteção e defesa do consumidor de energia elétrica serão realizadas pela ANEEL, observado, no que couber, o disposto no Código de Proteção e Defesa do Consumidor, aprovado pela Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, na Lei nº 8.987, de 1995, e Decreto nº 2.181, de 20 de março de 1997”.

Em relação ao ressarcimento dos danos causados ao consumidor de serviços, cabe referir o art. 6º, VI, do CDC⁴ e, em especial, o art. 14, que consagra a responsabilidade objetiva do fornecedor:

Art. 14. O fornecedor de serviços responde, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos relativos à prestação dos serviços, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua fruição e riscos.

1º O serviço é defeituoso quando não fornece a segurança que o consumidor dele pode esperar, levando-se em consideração as circunstâncias relevantes, entre as quais:

I - o modo de seu fornecimento;

II - o resultado e os riscos que razoavelmente dele se esperam;

III - a época em que foi fornecido.

2º O serviço não é considerado defeituoso pela adoção de novas técnicas.

3º O fornecedor de serviços só não será responsabilizado quando provar:

I - que, tendo prestado o serviço, o defeito inexiste;

II - a culpa exclusiva do consumidor ou de terceiro.

A expressão “*independentemente da existência de culpa*”, mencionada no *caput* do art. 14 do CDC, implica ausência do elemento subjetivo (dolo, negligência, imprudência ou imperícia) da conduta do fornecedor. Portanto, optou-se, no direito brasileiro, por um regime de *responsabilidade objetiva*, não culposa, do fornecedor de serviços (SANSEVERINO, 2002, p. 175).

A seguir, analisam-se cada um dos três elementos da responsabilidade civil por danos causados ao consumidor por serviços defeituosos: (1) o dano, (2) o defeito e (3) o nexo causal. Na seção 2.1.2 analisam-se as situações de exclusão de responsabilidade do prestador de serviços.

2.1.1 Requisitos necessários para o ressarcimento de danos

O conceito de dano, citado no *caput* do art. 14 do CDC, é amplo, abrangendo os danos patrimoniais (emergentes e lucros cessantes) e morais,

⁴ “Art. 6º São direitos básicos do consumidor:

[...]

VI – a efetiva prevenção e reparação de danos patrimoniais e morais, individuais, coletivos e difusos”;

individuais, coletivos e difusos, devendo-se salientar que tal prova compete ao consumidor.

Quanto ao denominado defeito do serviço, é suficiente que a prestação do serviço apresente uma falha que lhe retire a segurança legitimamente esperada para que seja considerada defeituosa. Não se exige qualquer participação ou colaboração subjetiva do fornecedor ou seus prepostos na sua ocorrência. Veja-se o que diz Sanseverino (2002, p. 265):

Não basta que os danos sofridos pelo consumidor tenham sido causados por um determinado produto ou serviço. É fundamental ainda que esse produto ou serviço apresente um defeito, que seja a causa dos prejuízos sofridos pelo consumidor. Por isso, o defeito do produto ou serviço aparece como um dos principais pressupostos da responsabilidade do fornecedor por acidentes de consumo.

O nexo causal pode ser definido como a relação de causa e efeito entre o dano e o serviço prestado pelo fornecedor, constituindo requisito fundamental para o ressarcimento (SANSEVERINO, 2002, p. 235).

Dentre as diversas teorias explicativas do nexo de causalidade, duas merecem destaque: a Teoria da Equivalência dos Antecedentes e a Teoria da Causalidade Adequada, conforme apontam Sanseverino (2002) e Cavalieri Filho (2003).

Na primeira, todas as causas ou condições são consideradas equivalentes para a ocorrência do dano, apresentando o mesmo valor. Conforme Cavalieri Filho (2003, p. 67), “Não se indaga se uma delas foi mais ou menos eficaz, mais ou menos adequada”.

Por seu turno, Sanseverino (2002, p. 238) manifesta-se da seguinte forma, realçando os exageros que a adoção dessa teoria pode acarretar:

Assim, a transposição pura e simples, sem limites, da teoria da equivalência dos antecedentes para o direito privado, especialmente para o plano da responsabilidade civil objetiva, como é o caso da responsabilidade por acidentes de consumo, conduziria, certamente, a exageros. Elevando ao patamar de causa toda e qualquer condição, permitiria a responsabilização solidária de todos os participantes na causação de um dano, ainda que sua participação tenha sido mínima ou quase inexpressiva, pois não há o limite do elemento culpa.

Em contraposição a essa teoria e a seus efeitos ampliados, surgiu a Teoria da Causalidade Adequada, que estabelece como causa somente a condição que é

adequada à produção de um determinado resultado. “Nessa perspectiva, causa adequada é aquela que apresenta como conseqüência normal e efeito provável a ocorrência de outro fato” (SANSEVERINO, 2002, p. 240). Esse autor afirma que “Na doutrina brasileira, predomina o entendimento de que, no plano da responsabilidade civil, a Teoria da Causalidade Adequada é a que melhor se aplica” (2003, p.243).

Portanto, a teoria adotada pela ANEEL e Agências Estaduais conveniadas na análise de pedidos de ressarcimentos de danos ocorridos em equipamentos eletroeletrônicos é a Teoria da Causalidade Adequada, conforme adiante se verá ao tratar-se da Resolução ANEEL n.º 61/2004.

2.1.2 Causas excludentes de responsabilidade

A adoção da responsabilidade objetiva pelo Código de Defesa do Consumidor não é absoluta, uma vez que o art. 14, § 3º, do CDC admite situações que, devidamente comprovadas pelo fornecedor de serviços, permitem a exclusão de sua responsabilidade. São elas: (1) inexistência do defeito do serviço, (2) culpa exclusiva do consumidor e (3) o fato de terceiro (SANSEVERINO, 2002, p. 260). Cabe salientar, também, que o caso fortuito e força maior, embora não previstos expressamente no CDC, são admitidos como cláusula geral de exclusão da responsabilidade civil, com fundamento no Código Civil.

O art. 22 do CDC e o art. 6º, § 1º, da Lei n.º 8.987/95⁵ exigem a prestação adequada dos serviços públicos por parte dos delegatários. Cite-se também, no âmbito do setor elétrico, que os contratos de concessão firmados com as distribuidoras de energia elétrica também estabelecem o dever de prestação adequada do serviço. Tal conceito abrange, dentre outros critérios, a eficiência, segurança e atualidade.

Assim, em face da responsabilidade objetiva estabelecida pelo CDC, que atribui o ônus legal da prova ao fornecedor, este deverá provar, de modo inequívoco,

⁵ “Art. 6º. Toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, conforme estabelecido nesta Lei, nas normas pertinentes e no respectivo contrato.

§ 1º Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas”.

a inexistência de defeito no serviço prestado, a fim de possibilitar a exclusão de sua responsabilidade, caso seja essa a situação.

Por seu turno, a culpa exclusiva do consumidor é causa de exclusão da obrigação de indenizar do prestador do serviço, conforme o art. 14, § 3º, II, do CDC. A culpa exclusiva do consumidor não deve ser confundida com a inexistência de defeito na prestação do serviço.

É possível a existência de um caso concreto em que haja um defeito na prestação do serviço, porém o dano tenha sido causado *exclusivamente* por culpa do consumidor, excluindo-se, então, a responsabilidade do prestador de serviço (SANSEVERINO, 2002, p. 271-272).

Igualmente ao que ocorre em relação ao defeito do serviço, a responsabilidade pela prova da ocorrência da culpa exclusiva do consumidor é do fornecedor de serviços, conforme o art. 14, § 3º, do CDC.

De outra parte, cabe examinar a culpa de terceiro, prevista no art. 14, § 3º, II, do CDC, que pode ser definida como a ação de uma pessoa determinada que, sem ter qualquer vinculação com o causador aparente do dano, provoca, com exclusividade, o evento lesivo, rompendo o nexo causal entre o defeito e o dano.

O efetivo rompimento do nexo causal, em se tratando de prestação de serviços, requer a conjugação dos seguintes requisitos:

1) a culpa de terceiro deve ser a causa adequada do dano com exclusividade, pois, se for apenas um fator concorrente, persiste a responsabilidade do fornecedor de serviços;

2) o terceiro não pode ter qualquer vinculação com o fornecedor de serviços;
e

3) o terceiro deve ser pessoa identificada ou, ao menos, passível de identificação.

Assim como ocorre em relação à culpa exclusiva do consumidor, a culpa exclusiva de terceiro acarreta o rompimento do nexo de causalidade, devendo ser provada pelo fornecedor de serviços.

Finalmente, cumpre referir o caso fortuito e a força maior, previstos no art. 393 do Código Civil de 2002: “O caso fortuito, ou de força maior, verifica-se no fato necessário, cujos efeitos não era possível evitar, ou impedir”.

Note-se que a característica mais importante do caso fortuito e da força maior é a inevitabilidade de seus efeitos.

Para que o caso fortuito e a força maior possam ser eximentes da responsabilidade de indenizar do fornecedor do produto ou do serviço, eles “devem atuar como causas adequadas e exclusivas de produção do dano. Se forem causas concorrentes com o defeito do produto ou do serviço, apenas agravando os prejuízos ensejados ao consumidor, não rompem o nexo causal e, por conseguinte, não excluem ou atenuam a responsabilidade do fornecedor” (SANSEVERINO, 2002, p. 297).

2.2 A RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N.º 61/2004

A ANEEL editou a Resolução Normativa nº. 61, de 29 de abril de 2004, que estabelece procedimentos para, no âmbito administrativo, analisar os pedidos de ressarcimento de danos formulados pelos consumidores às concessionárias de distribuição de energia elétrica.

As justificativas para a emissão dessa Resolução constam no seu preâmbulo e são as seguintes:

1) a competência da ANEEL para regular os serviços de energia elétrica visando ao cumprimento da legislação em vigor, em especial o Código de Defesa do Consumidor - CDC; e

2) a necessidade de disciplinar o ressarcimento de danos elétricos em equipamentos elétricos, causados por perturbação no sistema elétrico, conforme previsto nos contratos de concessão de distribuição de energia elétrica.

A responsabilidade civil disciplinada na Resolução nº. 61/2004 é, evidentemente, objetiva, como se observa no seguinte dispositivo:

Art. 10. A concessionária responde, *independentemente da existência de culpa*, pelos danos elétricos causados a equipamentos elétricos de consumidores, nos termos do caput do art. 3º desta Resolução. (*grifo nosso*).

O art. 1º da Resolução ANEEL n.º 61/2004, a seguir transcrito, deixa claro que as “*perturbações no sistema elétrico*” constituem-se nos “*defeitos relativos à prestação dos serviços*” de que trata o *caput* do art. 14 do CDC.

Art. 1º Estabelecer, na forma desta Resolução, as disposições relativas ao ressarcimento dos prejuízos causados por danos elétricos em equipamentos elétricos instalados em unidades consumidoras, decorrentes de perturbação ocorrida no sistema elétrico.

Entretanto, a Resolução ANEEL n.º 61/2004 tem abrangência limitada em comparação ao CDC. A Resolução tem como objeto os casos de *danos elétricos* causados a *equipamentos elétricos* pertencentes a consumidores atendidos em *tensão inferior ou igual a 2,3 kV*, conforme conceito estabelecido no art. 2º, VIII:

Art. 2º Para os fins e efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

[...]

VIII - ressarcimento de dano elétrico: reposição do equipamento elétrico danificado, instalado em unidade consumidora, na mesma condição de funcionamento anterior à ocorrência constatada no sistema elétrico ou, alternativamente, indenização em valor monetário equivalente ao que seria necessário para fazê-lo retornar à referida condição, ou, ainda, substituição por equipamento equivalente.

Assim, a atuação da ANEEL e das Agências Estaduais conveniadas fica, com base nessa Resolução, limitada à análise de reclamações referentes, exclusivamente, ao dano elétrico do equipamento, não lhes competindo analisar pedido de ressarcimento por danos morais, lucros cessantes ou outros danos emergentes. Para maior clareza, cabe citar as respectivas disposições relativas a tais limitações:

Art. 3º As disposições desta **Resolução se aplicam, exclusivamente, para os casos de dano elétrico causado a equipamentos elétricos alimentados na mesma tensão de atendimento contratada no ponto de entrega ou de conexão de energia elétrica**, aplicando-se ao ressarcimento o disposto no inciso VIII do artigo anterior.

§ 1º **Esta Resolução não se aplica ao ressarcimento de dano elétrico em equipamentos pertencentes a consumidores atendidos em tensão superior a 2,3 kV.**

§ 2º A ANEEL e as agências conveniadas devem analisar as reclamações considerando, exclusivamente, o dano elétrico do equipamento, **não lhes competindo acatar pedido de ressarcimento por danos morais, lucros cessantes ou outros danos emergentes** [grifou-se].

Tendo em vista que a ANEEL e as Agências Estaduais conveniadas adotam as limitações estabelecidas na Resolução ANEEL n.º 61/2004, no que diz respeito aos pedidos de ressarcimento de danos, a base de conhecimentos da ferramenta computacional, objeto desta monografia, deve ser criada considerando-se os

mesmos limites. As espécies de danos não ressarcíveis no âmbito da ANEEL estão definidas no art. 2º, incisos III, IV e V, da mesma resolução:

Art. 2º Para os fins e efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

[...]

III - dano emergente: lesão concreta que afeta o patrimônio do consumidor, consistente na perda ou deterioração, total ou parcial, de bens materiais que lhe pertencem em razão de perturbação do sistema elétrico;

IV - dano moral: qualquer constrangimento à moral e/ou honra do consumidor, causado por problema no fornecimento da energia ou no relacionamento comercial com a concessionária, ou, ainda, a ofensa de interesses não patrimoniais de pessoa física ou jurídica provocada pelo fato lesivo;

V - lucros cessantes: são os lucros esperados pelo consumidor e que o mesmo deixou de obter em face de ocorrência oriunda do fornecimento de energia elétrica;

No que tange ao defeito do serviço, pode-se afirmar que este ocorre quando há “modificação das condições que caracterizam a operação de um sistema elétrico fora da faixa de variação permitida para seus valores nominais, definidos nos regulamentos sobre qualidade dos serviços de energia elétrica vigentes” (art. 2º, inciso VII, da Resolução ANEEL n.º 61/2004). Tem-se, assim, o que se denomina perturbação no sistema elétrico.

A ocorrência de uma perturbação no sistema elétrico constitui-se na inadequação, ou no *defeito*, da prestação do serviço de distribuição aos consumidores submetidos a ela, no intervalo de tempo de sua duração. Os danos decorrentes de uma perturbação no sistema elétrico devem ser ressarcidos aos consumidores afetados pelo fornecedor do serviço, em consonância com o que está estabelecido no CDC e na Resolução 61/2004.

Em relação ao nexos causal, importa referir, como peculiaridade da Resolução ANEEL n.º 61/2004 em relação ao CDC, que o art. 5º dessa Resolução atribui à concessionária o ônus da prova da inexistência do nexos de causalidade⁶.

⁶ “Art. 5º No processamento do pedido de ressarcimento, a concessionária deve comprovar a existência ou não do nexos de causalidade”.

2.2.1 As excludentes de responsabilidade na Resolução 61/2004

Em relação às excludentes de responsabilidade, a Resolução ANEEL n.º 61/2004 elenca as seguintes hipóteses:

Art. 10. A concessionária responde, independentemente da existência de culpa, pelos danos elétricos causados a equipamentos elétricos de consumidores, nos termos do caput do art. 3º desta Resolução.

Parágrafo único. A concessionária só poderá eximir-se do ressarcimento nos seguintes casos:

- I - quando comprovar a inexistência de nexo causal, nos termos do art. 5º;
- II - quando o consumidor providenciar, por sua conta e risco, a reparação do(s) equipamento(s) sem aguardar o término do prazo para a inspeção, salvo nos casos em que houver prévia autorização da concessionária; ou
- III – quando comprovar que o dano foi ocasionado pelo uso incorreto do equipamento ou por defeitos gerados a partir das instalações internas da unidade consumidora.

Constata-se, por exemplo, que não há previsão expressa acerca da culpa de terceiro e tampouco do caso fortuito ou força maior. Contudo, essas excludentes estão compreendidas no art. 10, parágrafo único, I, que se refere à inexistência do nexo causal.

Outro aspecto a ser salientado diz respeito ao conserto realizado pelo consumidor sem aguardar a inspeção técnica da concessionária, medida essa que se destina à comprovação do dano de origem elétrica.

A culpa exclusiva do consumidor está prevista no art. 10, parágrafo único, III da Resolução, consistindo no uso incorreto do equipamento ou nas instalações inadequadas da unidade consumidora.

2.3 PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DOS PEDIDOS DE RESSARCIMENTO

Nas seções anteriores deste capítulo, abordou-se a base legal aplicável ao ressarcimento de danos causados por defeitos na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica.

Nesta seção, analisa-se, sob os pontos de vista técnico e legal, a maioria das situações que resultam em pedidos de ressarcimento de danos. Abordam-se as

perturbações mais comuns que podem ocorrer nas redes de distribuição de energia elétrica e os respectivos possíveis danos em equipamentos elétricos, decorrentes dessas perturbações.

2.3.1 Procedimentos para avaliação do pedido de ressarcimento

Conforme o art. 4º da Resolução ANEEL nº. 61/2004, a seguir transcrito, a solicitação de ressarcimento de danos deve ser formulada pelo consumidor à concessionária de distribuição no prazo máximo de noventa dias corridos, em relação à data da ocorrência do dano elétrico no equipamento, e deve conter as informações da data e do horário prováveis da ocorrência do dano.

Art. 4º O consumidor tem o prazo de 90 (noventa) dias corridos, a contar da data provável da ocorrência do dano elétrico no equipamento, para solicitar o ressarcimento à concessionária, devendo fornecer, no mínimo, os seguintes elementos:

I - data e horário provável da ocorrência do dano;

II – cópia da fatura de energia elétrica mais recente, demonstrando que o solicitante é o titular da unidade consumidora;

III – relato do problema apresentado pelo equipamento elétrico; e

IV - descrição e características gerais do equipamento danificado, tais como: marca, modelo, etc.

Parágrafo único. Caso a fatura não esteja em nome do solicitante, o mesmo deve comprovar a forma de ocupação da unidade consumidora.

A partir das informações prestadas pelo consumidor quanto à data e ao horário da ocorrência do dano, a concessionária identifica as possíveis perturbações havidas na rede elétrica que atende à unidade consumidora.

O deferimento da solicitação de ressarcimento dos danos formulada pelo consumidor baseia-se na satisfação simultânea das seguintes condições:

1) existência de perturbação no sistema de distribuição no entorno da data e horário apontados pelo consumidor como o do horário de ocorrência do dano;

2) existência de dano em equipamento elétrico, submetido à perturbação do sistema de distribuição;

3) existência de nexo de causalidade entre a perturbação e o dano no equipamento elétrico; e

4) inexistência de qualquer uma das situações de exclusão de responsabilidade da concessionária, descritas na Seção 2.1.2.

2.3.2 Caracterização do dano no equipamento elétrico do consumidor

A caracterização do dano é obtida com a realização de inspeção nos equipamentos danificados pela concessionária, conforme estabelecido no art. 6º da Resolução ANEEL n.º 61/2004.

Art. 6º O consumidor pode optar entre inspeção in loco do equipamento danificado ou disponibilizá-lo para inspeção mais detalhada pela concessionária ou empresa por ela autorizada, devendo a concessionária observar os seguintes procedimentos e prazos:

I - informar ao consumidor a data para a inspeção ou disponibilização do equipamento; e

II - inspecionar e vistoriar o equipamento no prazo de até 20 (vinte) dias úteis, contados a partir da data do pedido de ressarcimento.

Parágrafo único. Caso opte por inspeção in loco, o consumidor deve permitir o acesso ao equipamento e às instalações da unidade consumidora sempre que solicitado, sendo a negativa motivo para a concessionária indeferir o ressarcimento.

A inspeção deve incluir a detecção de quais dispositivos ou módulos internos ao equipamento foram avariados. Essa detecção - que é feita, geralmente, através da elaboração de orçamentos detalhados, incluindo informações sobre as avarias do equipamento danificado - tem o objetivo de estabelecer o nexo causal entre a perturbação na rede elétrica e o dano.

2.3.3 Caracterização da perturbação na rede de distribuição

A pesquisa da ocorrência de perturbação na rede de distribuição que atende ao consumidor, no entorno da data e horário informados, é realizada no banco de dados de eventos na rede da concessionária. No caso de inexistir registro de perturbação, a concessionária deve averiguar se houve outras reclamações oriundas de outras unidades consumidoras da mesma rede a que pertence a unidade

consumidora do reclamante. A inexistência de perturbação na rede de distribuição que atende ao reclamante somente é estabelecida quando as duas pesquisas referidas nada encontrarem.

Conforme o parágrafo único do art. 5º da Resolução ANEEL nº. 61/2004, a seguir transcrito, descargas atmosféricas e sobretensões decorrentes de energização de circuitos devem ser consideradas entre as possíveis perturbações do sistema de distribuição.

Art. 5º No processamento do pedido de ressarcimento, a concessionária deve comprovar a existência ou não do nexo de causalidade.

Parágrafo único. Na comprovação do nexo de causalidade devem ser considerados os eventos prováveis causadores do dano, entre outros, descargas atmosféricas e sobretensões oriundas da energização de circuitos, os quais não eximem a concessionária da responsabilidade do ressarcimento.

As redes de distribuição secundárias podem ser submetidas à sobretensões transitórias, transferidas via acoplamento capacitivo entre primário e secundário dos transformadores, quando ocorrem manobras na rede primária (ANEEL, 2001, p. 8) ou descargas atmosféricas diretas, ou induzidas, na rede primária (ANEEL, 2003, p. 4).

Segue o conceito adotado para o termo *manobra* pela ANEEL e pelas Agências Estaduais conveniadas, no contexto de ressarcimento de danos: “modificação estrutural ocorrida em um sistema de potência, como chaveamentos, curtos etc.” (ZANETTA JÚNIOR, 2003, p. 411). As sobretensões que ocorrem no sistema de potência como resultado de uma manobra têm “duração determinada pelo período de acomodação de uma condição de equilíbrio [do sistema] para outra. Durante esse período de acomodação entre as duas situações, ocorre um transitório, que dá origem a sobretensões ou sobrecorrentes” (ZANETTA JÚNIOR, 2003, p. 411).

Para impedir que essas sobretensões transitórias causem danos em equipamentos elétricos de uso comum instalados nas unidades consumidoras, elas devem ser limitadas a valores suportáveis pelos equipamentos. Conforme o Anexo E da Norma Técnica ABNT NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 195), o valor suportável para sobretensão transitória é de 1.500 Volts, como especificado na Categoria II de suportabilidade da Tabela 31 da mesma norma (ABNT, 2004, p. 71).

De acordo com ANEEL (2003, p. 4-5), a limitação das sobretensões transitórias a 1.500 Volts na rede de distribuição deve ser provida pela concessionária, mediante a instalação de pára-raios de baixa-tensão na rede secundária. Quando esses dispositivos estão adequadamente instalados, rompe-se o nexo de causalidade entre as perturbações oriundas de descargas atmosféricas ou de manobras e os danos nos equipamentos.

2.3.4 Tabelas descritivas de eventos que podem causar danos a equipamentos elétricos

Nesta seção, apresenta-se um sumário das perturbações mais comuns do sistema elétrico. Para cada uma das perturbações, caracterizam-se os danos dela decorrentes e as razões de eventual exclusão de responsabilidade da distribuidora por esses danos.

Esse sumário foi organizado em forma de um conjunto de tabelas descritivas de eventos que podem causar danos a equipamentos elétricos. As características listadas em cada tabela são as seguintes:

- 1) a descrição resumida do evento que se constitui em uma perturbação do sistema elétrico;
- 2) a localização da perturbação, que pode ocorrer na rede secundária ou na rede primária de distribuição;
- 3) o regime temporal da perturbação, que pode ocorrer em regime permanente, transitório ou intermitente;
- 4) os efeitos na carga, que são decorrentes da perturbação,
- 5) os equipamentos elétricos que podem ser danificados em função dos efeitos na carga;
- 6) os dispositivos ou módulos que podem ser avariados, pertencentes a cada um dos equipamentos danificados; e

7) as possibilidades de exclusão de responsabilidade da distribuidora, devido à ocorrência de alguma das condições abordadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.

As tabelas foram construídas com base em:

1) estudos técnicos das perturbações, realizados pela ANEEL e pelas Agências Estaduais conveniadas;

2) experiência adquirida durante o processo de avaliação de reclamações formuladas por consumidores, incluindo a análise das manifestações das distribuidoras em resposta a questionamentos decorrentes dessas reclamações; e

3) análise de normas internas publicadas por concessionárias de distribuição, elaboradas em conformidade com o art. 11 da Resolução ANEEL n.º 61/2004⁷.

Com relação a normas internas de concessionárias, utilizaram-se nesta monografia as referências (CEEE DISTRIBUIDORA, 2006) e (AES SUL, 2005).

Seguem algumas definições utilizadas na elaboração das tabelas.

a) Redes Secundária e Primária de Distribuição

Para fins deste trabalho, as expressões “rede secundária de distribuição” e “rede primária de distribuição” referem-se a redes elétricas que operam, respectivamente, em tensões secundárias e primárias de distribuição, conforme estabelecido no art. 2º, incisos XXXVIII e XIL, da Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000:

Art. 2º. Para os fins e efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições mais usuais:

(...)

XXXVIII - Tensão secundária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados inferiores a 2,3 kV.

XIL - Tensão primária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados iguais ou superiores a 2,3 kV.

⁷ “Art. 11. A concessionária deve elaborar e publicar em até 120 (cento e vinte) dias, contados da publicação desta Resolução, norma interna que contemple os procedimentos para ressarcimento de danos, segundo as disposições deste regulamento, podendo inclusive estabelecer:

I - o credenciamento de oficinas de inspeção e reparo;

II - o aceite de orçamento de terceiros; e

III - a reparação de forma direta ou por terceiros sob sua responsabilidade”.

b) Configuração das Redes Secundária e Primária de Distribuição

Considerou-se, nas análises realizadas nesta seção, a seguinte configuração da rede primária de distribuição: três fases, sem condutor neutro, primário dos transformadores de distribuição ligado em delta.

Para a rede secundária, considerou-se como configuração: três fases, com condutor neutro conectado à terra, secundários dos transformadores de distribuição ligados em estrela aterrada.

c) Ramal de Ligação

O ramal de ligação, definido como o “conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega” (art. 2º, inciso XXX, da Resolução ANEEL nº. 456/2000), faz parte do sistema elétrico sob responsabilidade da concessionária, conforme estabelecido no art. 10 da Resolução ANEEL nº. 456/2000:

Art. 10. Até o ponto de entrega a concessionária deverá adotar todas as providências com vistas a viabilizar o fornecimento, observadas as condições estabelecidas na legislação e regulamentos aplicáveis, bem como operar e manter o seu sistema elétrico.

Nas tabelas descritivas de eventos de danos a equipamentos elétricos, o ramal de ligação é entendido como fazendo parte da rede secundária de distribuição da concessionária. Quando a perturbação analisada for específica de evento ocorrido em ramal de ligação, este é citado explicitamente.

Tabela 2 – Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em ramal de ligação monofásico.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em ramal de ligação monofásico.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente ou intermitente.
Efeito na Carga:	Subtensão.
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à subtensão. Esses equipamentos devem estar instalados na unidade consumidora alimentada pelo ramal de ligação.
Dispositivos avariados:	Enrolamentos, capacitores e proteção dos motores.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim.	A aplicação dessa excludente requer que a concessionária comprove “que o dano foi ocasionado pelo uso incorreto do equipamento ou por defeitos gerados a partir das instalações internas da unidade consumidora” (Resolução ANEEL nº. 61/2004, art. 10, Parágrafo Único, inciso III). A inexistência de proteções contra subtensões nos motores não é suficiente para aplicação dessa exclusão, pois a ocorrência de uma perturbação no sistema elétrico, - capaz de originar os danos descritos aqui -, descaracteriza a culpa <i>exclusiva</i> do consumidor. Ver mais detalhes nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.

Tabela 3 – Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em rede de distribuição secundária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Neutro interrompido, ou com contato inadequado, em rede de distribuição bifásica ou trifásica.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente ou intermitente.
Efeito na Carga:	Cargas Monofásicas: podem ser submetidas a sobretensões ou subtensões, dependendo da distribuição das cargas entre as fases. Cargas bifásicas ou trifásicas: não são afetadas.
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão ou subtensão. Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão. Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão. Esses equipamentos devem estar instalados em unidades consumidoras localizadas, do ponto de vista elétrico, a jusante do ponto de interrupção, ou com contato inadequado, em relação ao transformador.
Dispositivos avariados:	- Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

Tabela 4 – Fase interrompida, ou com contato inadequado, em rede de distribuição secundária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Fase interrompida, ou com contato inadequado, em rede de distribuição secundária ou ramal de ligação.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente ou intermitente.
Efeito na Carga:	Cargas Monofásicas e bifásicas: podem ser submetidas à subtensão. Cargas trifásicas: ficam com subtensão na fase defeituosa..
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à subtensão. Esses equipamentos devem estar instalados em unidades consumidoras localizadas, do ponto de vista elétrico, a jusante do ponto de interrupção, ou com contato inadequado, em relação ao transformador.
Dispositivos avariados:	Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim.	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

Tabela 5 – Curto-circuito entre fase e neutro em rede de distribuição secundária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Curto-circuito entre fase e neutro em rede de distribuição secundária.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente ou intermitente.
Efeito na Carga:	<p>Existem dois períodos distintos durante a ocorrência deste evento. O primeiro período é transitório, estendendo-se até a abertura de uma das chaves-fusíveis do transformador. O segundo período, com situações sustentadas, inicia-se após a abertura da primeira chave-fusível do transformador. Note-se que neste evento poderá ocorrer abertura de uma ou duas chaves-fusíveis do transformador.</p> <p>1) Primeiro Período:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cargas Monofásicas ligadas às fases em que não ocorreu o curto-circuito: sobretensão. - Cargas Monofásicas ligadas à fase em que ocorreu o curto-circuito: subtensão. - Cargas Bifásicas em que uma das fases é aquela em que ocorreu o curto-circuito: subtensão. - Cargas trifásicas: subtensão. <p>2) Segundo Período:</p> <p>Se duas chaves fusíveis forem abertas: falta de fornecimento a todas as cargas da rede secundária com problema.</p> <p>Se apenas uma das chaves-fusíveis for aberta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cargas bifásicas em que nenhuma das fases é aquela com o curto-circuito: sobretensão. - Cargas bifásicas em que uma das fases é aquela em que ocorreu o curto-circuito: subtensão. - Cargas trifásicas: subtensão.
Equipamentos que podem ser danificados:	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão ou subtensão. - Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão. - Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão.

Tabela 5 – Continuação (Curto-circuito entre fase e neutro em rede de distribuição secundária).

Dispositivos avariados:	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim.	<p>A aplicação dessa excludente requer que a concessionária comprove “que o dano foi ocasionado pelo uso incorreto do equipamento ou por defeitos gerados a partir das instalações internas da unidade consumidora” (Resolução ANEEL nº. 61/2004, art. 10, Parágrafo Único, inciso III).</p> <p>A inexistência de proteções contra subtensões nos motores não é suficiente para aplicação dessa exclusão, pois a ocorrência de uma perturbação no sistema elétrico, - capaz de originar os danos descritos aqui -, descaracteriza a culpa <i>exclusiva</i> do consumidor.</p> <p>Ver mais detalhes nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.</p>
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.

Tabela 6 – Curto-circuito entre duas fases em rede de distribuição secundária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Curto-circuito entre duas fases em rede de distribuição secundária.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente ou intermitente.
Efeito na Carga:	<p>Existem dois períodos distintos durante a ocorrência deste evento. O primeiro período é transitório, estendendo-se até a abertura da chave-fusível mais solicitada devido ao curto-circuito. O segundo período, com situações sustentadas, inicia-se após a abertura da chave-fusível do transformador.</p> <p>1) Primeiro Período:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cargas Monofásicas ligadas à fase em que não ocorreu o curto-circuito: não são afetadas. - Cargas Monofásicas ligadas às fases em que ocorreu o curto-circuito: subtensão. - Cargas Bifásicas: subtensão. - Cargas trifásicas: subtensão. <p>2) Segundo Período:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cargas monofásicas conectadas às fases em curto-circuito: subtensão - Cargas bifásicas entre as fases em curto-circuito: tensão zero. - Cargas bifásicas em que uma das fases é aquela sem curto-circuito: subtensão. - Cargas trifásicas: subtensão. <p>Se a chave-fusível que abrir não for a mais solicitada, as tensões sustentadas terão a seguinte situação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cargas monofásicas conectadas à fase sem curto-circuito: sobretensão. - cargas bifásicas conectadas na fase sem curto-circuito: sobretensão.
Equipamentos que podem ser danificados:	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão ou subtensão. - Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão. - Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão.

Tabela 6 – Continuação (Curto-circuito entre duas fases em rede de distribuição secundária)

Dispositivos avariados:	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim	<p>A aplicação dessa excludente requer que a concessionária comprove “que o dano foi ocasionado pelo uso incorreto do equipamento ou por defeitos gerados a partir das instalações internas da unidade consumidora” (Resolução ANEEL nº. 61/2004, art. 10, Parágrafo Único, inciso III).</p> <p>A inexistência de proteções contra subtensões nos motores não é suficiente para aplicação dessa exclusão, pois a ocorrência de uma perturbação no sistema elétrico, - capaz de originar os danos descritos aqui -, descaracteriza a culpa <i>exclusiva</i> do consumidor.</p> <p>Ver mais detalhes nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.</p>
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Essa excludente de responsabilidade requer que a distribuidora demonstre a ocorrência das condições apresentadas nas Seções 2.1.2 e 2.2.1.

Tabela 7 – Níveis de tensão inadequados.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Nível de tensão da energia elétrica fornecida ao consumidor inadequado, conforme os critérios estabelecidos nos arts. 16 e 17 da Resolução nº. 505/2001 (ANEEL, 2001) para que a concessionária adote providências visando à regularização da tensão de atendimento.
Localização da perturbação:	Rede Secundária.
Regime no Tempo:	Permanente.
Efeito na Carga:	Cargas (qualquer número de fases): podem ser submetidas a sobretensões ou subtensões, dependendo da variação do nível de tensão..
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão ou subtensão. Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão. Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão.
Dispositivos avariados:	- Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

Tabela 8 – Falta de uma fase na rede primária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Falta de uma fase na rede primária.
Localização da perturbação:	Rede Primária.
Regime no Tempo:	Permanente.
Efeito na Carga:	<p>Cargas Monofásicas: duas fases do secundário apresentam subtensão em relação ao neutro. Uma fase do secundário apresenta tensão normal em relação ao neutro.</p> <p>Cargas bifásicas: subtensão.</p> <p>Cargas trifásicas: ficam com subtensão em duas fases.</p>
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à subtensão.
Dispositivos avariados:	Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim.	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

Tabela 9 – Manobras na rede primária.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Manobras na rede primária.
Localização da perturbação:	Rede Primária.
Regime no Tempo:	Transitório.
Efeito na Carga:	Sobretensões transitórias entre fases e neutro e/ou entre fases. Quebra do nexo de causalidade: a instalação adequada de pára-raios de baixa tensão na rede secundária rompe o nexo de causalidade entre a perturbação na rede primária, originada por manobra, e os danos nos equipamentos (ver Seção 2.3.3).
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão transitória. - Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão transitória. - Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão transitória.
Dispositivos avariados:	- Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

Tabela 10 – Descargas atmosféricas.

Características do Evento	Detalhamentos das Características
Perturbação ocorrida na rede de distribuição:	Descargas atmosféricas.
Localização da perturbação:	Rede Primária ou Secundária.
Regime no Tempo:	Transitório.
Efeito na Carga:	Sobretensões transitórias entre fases e neutro e/ou entre fases. Quebra do nexo de causalidade: a instalação adequada de pára-raios de baixa tensão na rede secundária rompe o nexo de causalidade entre a perturbação originada por descarga atmosférica e os danos nos equipamentos (ver Seção 2.3.3).
Equipamentos que podem ser danificados:	Equipamentos dotados de motores, devido à sobretensão transitória. - Equipamentos eletrônicos, devido à sobretensão transitória. - Equipamentos para aquecimento (resistivo), devido à sobretensão transitória.
Dispositivos avariados:	- Equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação. - Equipamentos para aquecimento: resistência. - Equipamentos dotados de motores: enrolamentos, proteção, capacitor.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “culpa exclusiva do consumidor”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “fato exclusivo de terceiro”: Sim	Idem Tabela 2.
Possibilidade de exclusão de responsabilidade da distribuidora por “caso fortuito e força maior”: Sim	Idem Tabela 2.

3 A UTILIZAÇÃO DE JESS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Neste capítulo, abordam-se os principais conceitos relativos a sistemas especialistas e o sistema computacional JESS, com ênfase nos seus recursos para construção da base de conhecimentos.

Essas informações servirão de base para a apresentação, no Capítulo 4, da implementação adotada para o SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão em Pedidos de Ressarcimento de Danos e da programação da sua base de conhecimentos a partir da modelagem técnico-jurídica apresentada no Capítulo 2 desta Monografia.

3.1 CONCEITOS GERAIS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Abordaram-se de forma preliminar, no início do Capítulo 2, os procedimentos adotados no desenvolvimento de um sistema especialista. Esse assunto é tratado nesta seção de forma mais detalhada.

A Figura 2 mostra os passos que constituem o procedimento geral de criação de um sistema especialista. O engenheiro do conhecimento⁸, através de diálogo com um especialista humano e de pesquisas a livros, revistas e Internet obtém conhecimento relativo ao domínio do sistema especialista. A seguir, o engenheiro do conhecimento codifica a base de conhecimentos do sistema especialista. O especialista avalia o sistema e fornece a crítica ao engenheiro do conhecimento. Segue-se um processo iterativo, até que o desempenho do sistema fique satisfatório do ponto de vista do especialista (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 9-10).

O conhecimento de um sistema especialista pode ser representado de diversas formas. Conforme Giarratano; Riley (2005, p. 9), um método comumente utilizado na representação de conhecimento é na forma de regras do tipo **Se-Então**.

⁸ O processo de construção de um sistema especialista é denominado de *engenharia do conhecimento* (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 9).

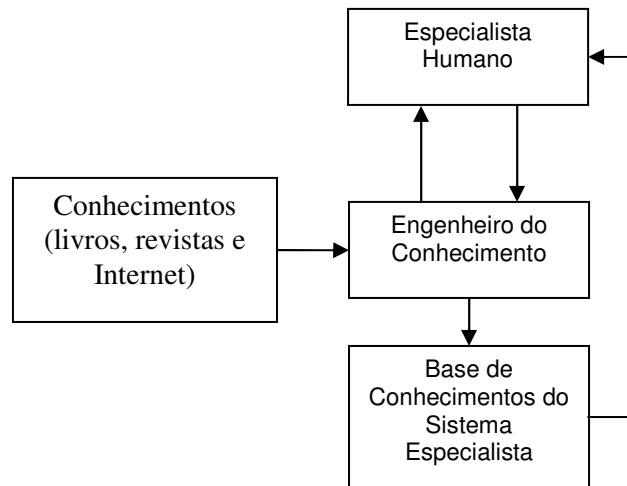


Figura 2 – Passos no desenvolvimento de um Sistema Especialista.

Por exemplo, a expressão

Se o sinal está vermelho **Então** pare

é um exemplo simples de uma regra. Se existe o fato tal que o sinal esteja vermelho, isso combina com o padrão “o sinal está vermelho”. A regra está ativada e deve ser executada a sua ação de “parar”.

Muitos sistemas especialistas significativos foram construídos expressando o conhecimento de especialistas através de *regras* parecidas com aquela do exemplo acima, codificadas nas respectivas bases de conhecimentos, também chamadas de *bases de regras* (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 9).

Quatro expressões são utilizadas na literatura técnica para referenciar esse tipo de sistemas:

- 1) *sistemas especialistas baseados em regras*, do inglês “*rule-based expert systems*” (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 38);
- 2) *sistemas baseados em regras*, do inglês “*rule-based systems*”, conforme Friedman-Hill (2003-a, p. 1) e Giarratano; Riley (2005, p. 28);
- 3) *máquinas de regras*, do inglês “*rule engine*” (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 17) e
- 4) *sistema especialista* (BITTENCOURT, 2006, p. 261).

A utilização da última expressão requer que o contexto deixe claro ser o sistema construído com uma base de conhecimentos expressa através de regras.

Segundo Giarratano; Riley (2005, p. 14), uma das razões do sucesso obtido em muitas implementações de sistemas especialistas é a possibilidade de o

conhecimento poder crescer de modo incremental. Isto é, a base de conhecimentos pode crescer pouco a pouco, à medida que regras são adicionadas, e, para cada estágio, o desempenho e a correção do sistema podem ser testados. Se as regras forem devidamente projetadas, a interação entre elas será minimizada, ou mesmo eliminada, de modo que efeitos imprevisíveis sejam evitados durante o processo de testes do sistema especialista em desenvolvimento. O crescimento incremental de conhecimentos facilita o desenvolvimento rápido de protótipos, de modo que o primeiro protótipo pode estar funcionando praticamente no início do projeto. O engenheiro do conhecimento pode perceber e corrigir falhas e inconsistências no sistema especialista desde o início de seu desenvolvimento.

3.2 TECNOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Nos primeiros sistemas especialistas baseados em regras que foram desenvolvidos, a base de conhecimentos era entrelaçada com a máquina de inferência. O sistema especialista MYCIN, criado em 1973 com objetivo de realizar diagnósticos médicos, foi o primeiro a separar explicitamente a base de conhecimentos da máquina de inferência. Isso foi muito importante para a tecnologia de desenvolvimento de sistemas especialistas, pois significou a possibilidade de reutilização do núcleo de um sistema especialista. Um novo sistema especialista, desde então, podia ser construído muito mais rapidamente, mediante eliminação da base de conhecimentos anterior e a criação de uma base relativa ao novo domínio. A ferramenta computacional obtida pela remoção do conhecimento médico do sistema especialista MYCIN foi chamada EMYCIN, em que o caractere 'E' denota vazio (*empty*) ou essencial (*essential*) (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 19).

Conforme Bittencourt (2006, p. 263), os sistemas especialistas:

são desenvolvidos em geral a partir de *arcabouços de sistemas especialistas – ASE's*: ferramentas que suportam todas as funcionalidades de um SE, restando ao programador apenas codificar o conhecimento especializado de acordo com a linguagem de representação de conhecimento disponível (BITTENCOURT, 2006, p. 263).

A denominação “*arcabouço de sistema especialista*” corresponde a “*expert system shell*” na literatura em inglês.

3.3 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO ATRAVÉS DE REGRAS

Nesta seção, complementam-se as informações da Seção 3.1 relativas às *regras* que compõem a base de conhecimentos de um sistema especialista.

O desenvolvimento de um sistema especialista requer a definição de um conjunto de regras que atuam coletivamente para a solução de um problema (CULBERT; DONELL; RILEY, 2006).

Como exemplo, considere-se o problema de decidir sobre a travessia de uma rua. Seguem as regras expressas como pseudocódigo no formato **Se-Então**:

Regra: sinal_vermelho

Se

O sinal está vermelho

Então

Pare

Regra: sinal_verde

Se

O sinal está verde

Então

Siga

A parte **Se** de uma regra é também chamada de *left-hand side* (abreviado LHS), de *antecedente* ou de *premissas*. A parte **Então** de uma regra é chamada de *right-hand side* (abreviado RHS), de *conseqüente*, de *ações* ou de *conclusões*.

Assim, resumindo, conforme Friedman-Hill (2003-a, p.17), um sistema baseado em regras usa *regras* para obter *conclusões* a partir de *premissas*.

3.4 ARQUITETURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

Conforme Friedman-Hill (2003-a, p. 19), as máquinas de regras típicas contem:

- 1) uma máquina de inferência,
- 2) uma base de regras e
- 3) uma memória de trabalho.

Por sua vez, a máquina de inferência é formada de:

- 1) um comparador de padrões,
- 2) uma agenda e
- 3) uma máquina de execução.

A Figura 3 mostra esses componentes participando da arquitetura de uma máquina de regras.

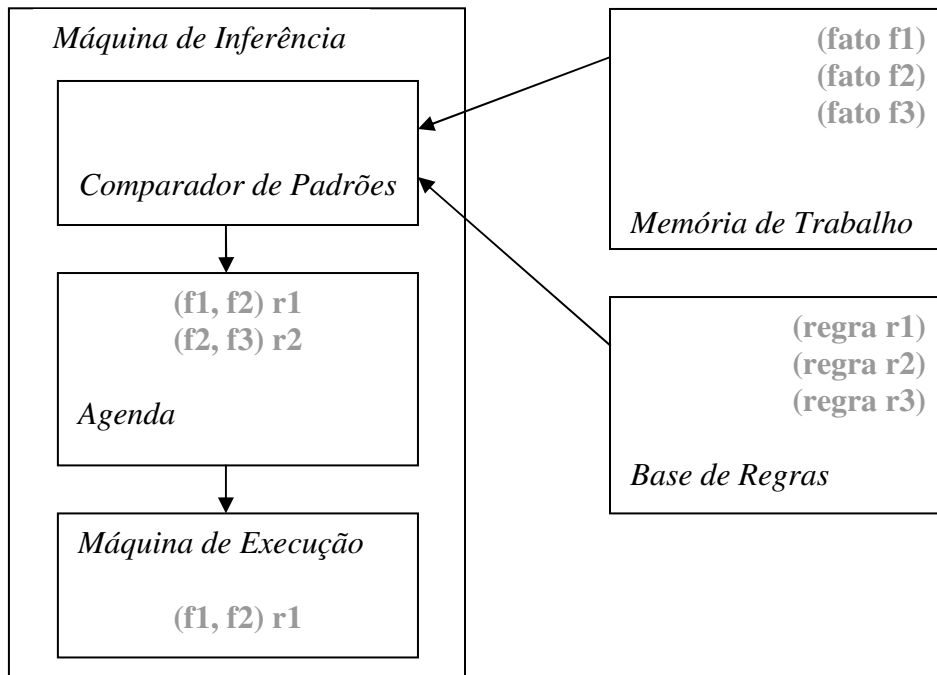


Figura 3 - Arquitetura de uma máquina de regras típica.

Fonte: (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 20).

3.4.1 A máquina de inferência

A principal finalidade de uma *máquina de regras* é aplicar *regras* aos *dados*. Isso faz da *máquina de inferência* a parte central de uma máquina de regras.

A máquina de inferência controla todo o processo de aplicação de regras sobre o conteúdo da *memória de trabalho* para obter as saídas do sistema. Normalmente uma máquina de inferência opera em ciclos discretos, que periodicamente executam o seguinte:

1) Todas as regras são comparadas com a memória de trabalho, através do *comparador de padrões*, para decidir quais delas devem ser ativadas durante este ciclo. Essa lista não-ordenada de regras ativadas, juntamente com quaisquer outras regras ativadas em ciclos anteriores, é chamada de *conjunto de conflito* (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 20).

2) O conjunto de conflito é ordenado para formar a *agenda*, que é a lista de regras cujos RHS serão executados. O processo de ordenar a agenda é chamado de *resolução de conflitos* (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 20). O método utilizado na resolução de conflitos, em geral, não se encontra sob controle do programador.

3) Completando o ciclo, a primeira regra na agenda é executada pela *máquina de execução*, com possibilidade de alteração na memória de trabalho, e o ciclo inteiro é repetido. Essa repetição implica na execução de uma quantidade grande de operações repetidas por parte da máquina de inferência, porém muitas máquinas de regras usam técnicas sofisticadas para evitar as redundâncias. Especialmente, resultados obtidos pelo comparador de padrões e pelo sistema de resolução de conflitos podem ser preservados ao longo dos ciclos, de modo que somente trabalho essencial seja feito (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 21).

3.4.2 A base de regras

A máquina de regras necessita alguma área de memória em que as regras sejam armazenadas. A base de regras contém todas as regras conhecidas pelo

sistema. O *compilador de regras* processa as informações fornecidas pelo programador em um formato tal que a máquina de inferência possa utilizá-las da forma mais eficiente possível. O compilador de regras do JESS constrói uma estrutura de dados indexada chamada de rede *Rete*. A rede *Rete* é uma estrutura de dados que permite a execução do poderoso Algoritmo *Rete* para comparação de padrões (GIARRATANO; RILEY, 2005, p. 20 e 37) e (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 21).

3.4.3 A memória de trabalho

Os dados sobre os quais a máquina de regras atua ficam armazenados na memória de trabalho, também chamada de *base dos fatos*. Ela contém todas as informações com que o sistema especialista está trabalhando: os fatos e os objetos originados de classes do Java.

3.4.4 O comparador de padrões

A cada ciclo de processamento, a máquina de inferência chama o *comparador de padrões*. Este tem de decidir quais as regras que podem ser ativadas, em vista das combinações de fatos que satisfazem todas as premissas de cada regra. Para cada premissa de uma dada regra todas as combinações de fatos presentes na memória de trabalho precisam ser avaliadas pelo comparador de padrões. Assim, se a memória de trabalho contém milhares de fatos e cada regra tem duas ou três premissas, o comparador de padrões poderá ter que pesquisar por milhões de combinações de fatos para encontrar as combinações que satisfazem as regras. Assim, os comparadores de padrões são os módulos mais caros dos arcabouços de sistemas especialistas (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 22).

3.4.5 A agenda

O comparador de padrões, a cada ciclo, estabelece a lista de regras que podem, potencialmente, ser ativadas e armazena-a na *agenda*.

A agenda é responsável por decidir quais das regras da lista têm as maiores prioridades e devem ser ativadas primeiro. O procedimento de resolução de conflitos leva em conta a complexidade de cada regra e a idade relativa de cada premissa presente na memória de trabalho. As regras podem ter uma prioridade associada a cada uma delas pelo programador do sistema especialista, de modo que aquelas com prioridade maior serão ativadas antes.

Segue um exemplo de priorização. Suponha-se um sistema especialista projetado para assistir o condutor de um automóvel, que possua as seguintes duas regras presentes na sua base de regras:

Regra: sinal_verde

Se

O sinal está verde

Então

Siga

Regra: pessoa_na_frente

Se

Uma pessoa está na frente do automóvel

Então

Pare

Se o automóvel estiver parado, devido a um sinal vermelho, e o sinal passa para verde, quando alguém está ainda atravessando a via, as duas regras estarão na lista de regras que podem ser ativadas. É importante que a segunda regra seja ativada primeiro, de modo que o programador deverá atribuir maior prioridade à segunda regra.

3.4.6 A máquina de execução

Uma vez que a máquina de regras decida qual regra ativar, a *máquina de execução* deve executar a parte de ações da regra. Em JESS, a parte de ações das regras pode conter toda uma série de programações, inclusive da linguagem Java. Neste caso, a máquina de execução representa o ambiente em que os fragmentos de programas executam.

3.4.7 Programação declarativa

Os sistemas especialistas baseados em regras usam um paradigma de programação denominado *declarativo*, diferente daquele utilizado pelas linguagens algorítmicas (por exemplo, C, C++, Java, Pascal).

Nas linguagens algorítmicas, o programador informa todos os passos, detalhadamente, que devem ser seguidos pelo computador para atingir um determinado objetivo. Incluem-se nessa categoria também as linguagens com orientação a objetos.

Um programa declarativo, diferentemente, descreve o que o computador deve fazer para atingir um determinado objetivo, omitindo muitas instruções de *como fazer*. Para isso, os programas declarativos devem ser executados por algum tipo de sistema que, durante a execução, consiga cumprir as tarefas programadas, mesmo com a ausência de todos os detalhes. Como o programa declarativo inclui somente os detalhes importantes de uma solução, ele pode ser mais fácil de entender do que o programa algorítmico. Além disso, o programa declarativo fica mais imune a falhas de execução, uma vez que o sistema que o controla é responsável pela temporização e pelo fluxo de controle do aplicativo (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 15 e 16).

JESS está claramente enquadrado nesse paradigma de programação declarativa, como se viu na descrição da sua arquitetura. Entretanto, é possível utilizá-lo, também, em modo algorítmico. Na implementação do sistema especialista

objeto desta monografia, JESS foi utilizado parcialmente no modo algorítmico para executar a inicialização do ambiente gráfico utilizado pelo usuário e dar a partida na máquina de inferência, como será abordado no Capítulo 4.

3.5 INTRODUÇÃO AO SISTEMA JESS

O sistema JESS, desenvolvido por *Sandia National Laboratories* de Livermore, Califórnia, no final da década de 90, inspirou-se no sistema semelhante, denominado CLIPS, criado pelo *Software Technology Branch (STB), NASA/Lyndon B. Johnson Space Center* (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 32).

Ambos os sistemas adotam a arquitetura mostrada na Figura 3. JESS inclui ainda um ambiente para interação com o programador do sistema especialista. Esse ambiente executa sob a janela *prompt de comando* do sistema operacional utilizado.

JESS foi escrito em Java e é o sistema computacional utilizado para adicionar o paradigma de sistemas especialistas ao ambiente de aplicativos baseados em Java. Permite que o programador tenha acesso a todas as bibliotecas disponíveis para aplicativos Java, tais como aquelas voltadas para a utilização de Internet, de interfaces gráficas e de bancos de dados.

CLIPS, escrito em C, não possui essas facilidades disponíveis internamente. Entretanto, existe uma similaridade forte entre as linguagens de programação utilizadas pelos dois sistemas no que diz respeito à programação da máquina de inferência (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p. 32).

A comparação das características de cada um dos sistemas, JESS e CLIPS, levaram à escolha de JESS para a implementação do sistema especialista para análise de pedidos de ressarcimento de danos desta monografia, em vista das facilidades decorrentes do uso de bibliotecas Java em JESS.

JESS executa sob qualquer sistema operacional para o qual a Máquina Virtual Java, ou **JVM** (*Java Virtual Machine*) (JANDL JUNIOR, 2002, p. 12), tenha sido portada. No caso desta Monografia, todos os testes foram realizados sob Windows XP.

3.6 INSTALAÇÃO DE JESS

Para executar JESS em um computador, é necessário que a **JVM** esteja instalada e possua número de versão superior a 1.2.0.

JESS pode ser buscado no *site* <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess>. O arquivo recebido, ao ser descompactado, origina um diretório com os seguintes arquivos:

- 1) um arquivo Java denominado **jess.jar**, que contém o software JESS;
- 2) o subdiretório **examples**, que contém alguns exemplos simples de programas JESS;
- 3) o manual de JESS no subdiretório docs\, devendo-se abrir o arquivo **index.html** (FRIEDMAN-HILL, 2003-b) para iniciar a leitura do manual.

A instalação requer, ainda, que seja adicionado o arquivo **jess.jar** à variável **CLASSPATH** do ambiente do sistema operacional. Essa variável informa à **JVM** sobre a localização dos programas Java instalados no computador.

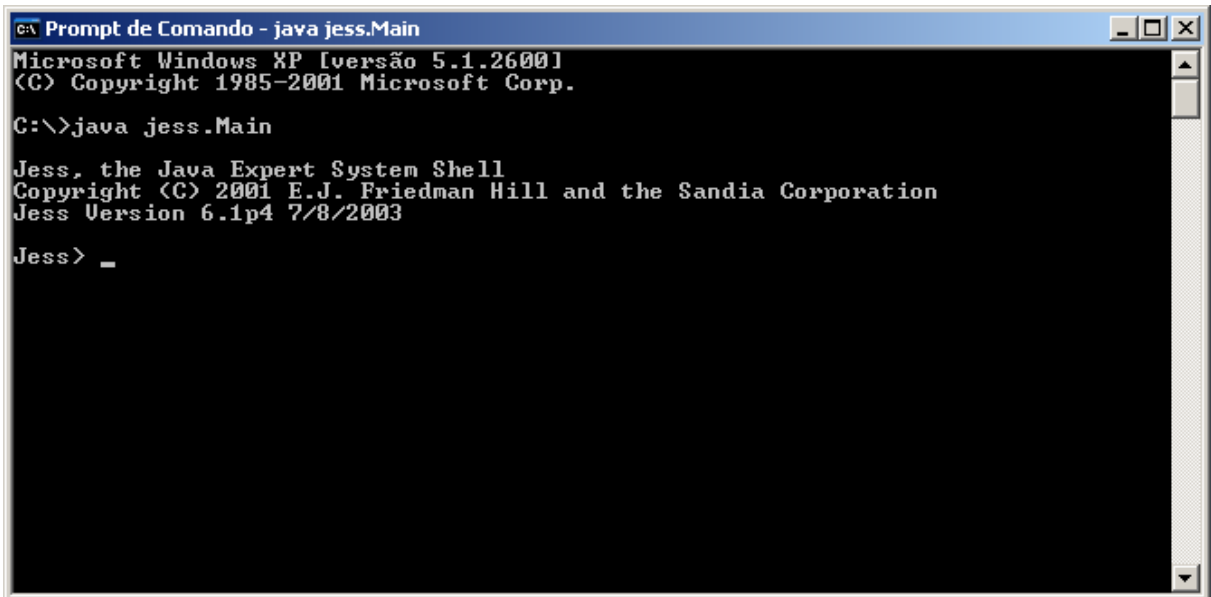
3.7 EXECUÇÃO DE JESS

Quando se digita a seguinte linha de comando, seguida da tecla ENTRA,

C:\>java jess.Main,

a classe (FLANAGAN, 2005) **jess.Main** - incluída no arquivo **jess.jar** - apresenta na tela do *prompt* de comando a mensagem de boas-vindas e, a seguir, o *prompt* **Jess>**. Quando JESS apresenta o *prompt*, ele está esperando que o programador digite comandos ou um programa.

A Figura 4 ilustra a chamada do ambiente JESS e seu estado inicial, aguardando a entrada de comandos ou de um programa JESS.



```

c:\ Prompt de Comando - java jess.Main
Microsoft Windows XP [versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>java jess.Main

Jess, the Java Expert System Shell
Copyright (C) 2001 E.J. Friedman Hill and the Sandia Corporation
Jess Version 6.1p4 7/8/2003

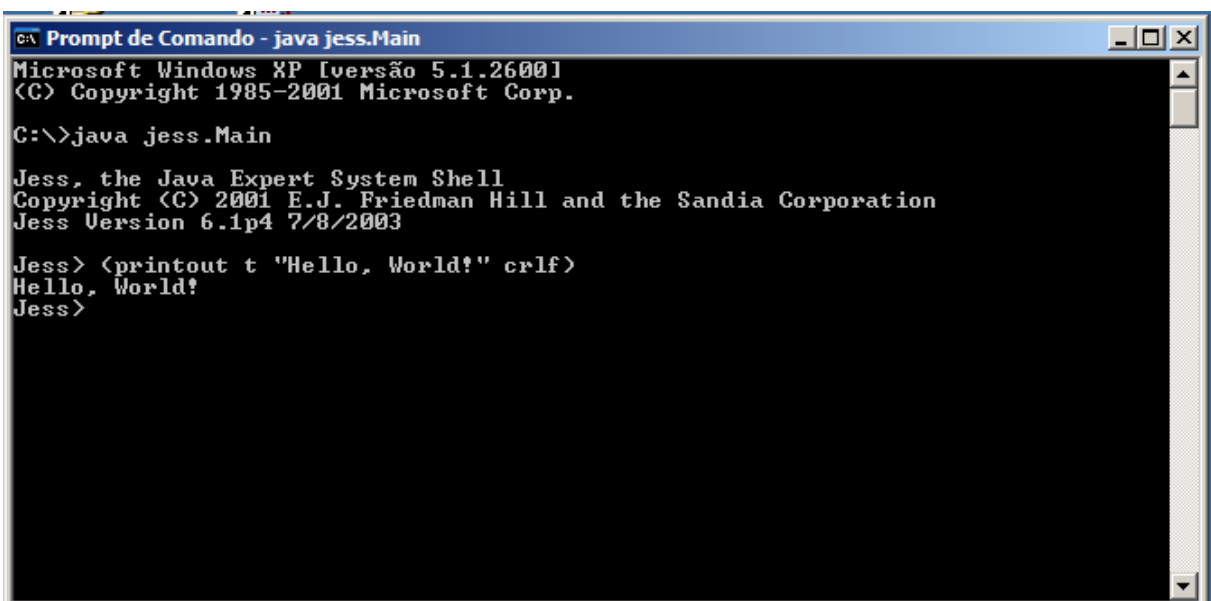
Jess> _

```

Figura 4 – Chamada do ambiente JESS.

3.8 EXEMPLO DE PROGRAMA JESS

Apresenta-se, na Figura 5, a implementação em JESS do programa clássico “*Hello, World!*”, que se reduz a uma única linha de programação, digitada no *prompt Jess*>.



```

c:\ Prompt de Comando - java jess.Main
Microsoft Windows XP [versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>java jess.Main

Jess, the Java Expert System Shell
Copyright (C) 2001 E.J. Friedman Hill and the Sandia Corporation
Jess Version 6.1p4 7/8/2003

Jess> <printout t "Hello, World!" crlf>
Hello, World!
Jess>

```

Figura 5 – O programa “*Hello, World!*” em JESS.

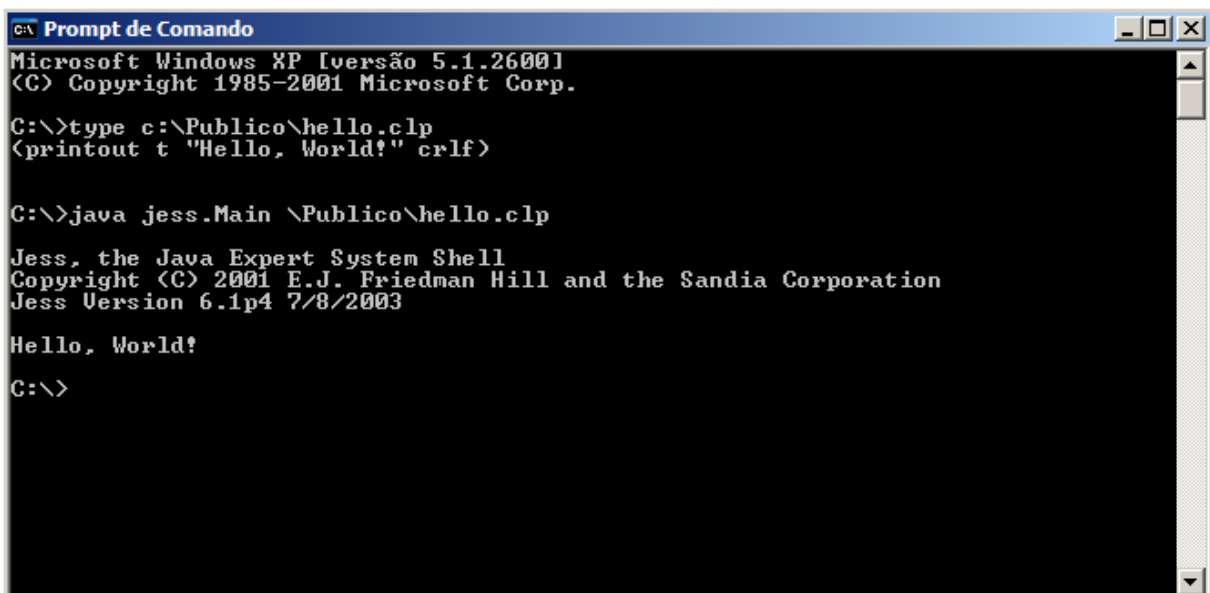
Como se pode observar na Figura 5, depois que a linha de programação (**printout t "Hello, World!" crlf**)

é digitada, obtém-se como resultado da execução da função *printout*, na janela, a mensagem "Hello, World!".

A função **printout** apresenta, no dispositivo especificado pelo seu primeiro argumento, no caso **t**, os caracteres dos argumentos seguintes concatenados. O argumento **t** identifica como dispositivo de apresentação de mensagens de **printout** a *saída padrão*, que, neste caso, é a própria janela de *prompt* de comando. O último parâmetro, **crlf**, especifica que a mensagem deve ser completada por um salto de linha.

A lista de símbolos entre parênteses obedece à sintaxe de JESS para a chamada de uma função. JESS imediatamente avalia a chamada para **printout**, e coloca na tela a mensagem solicitada pelo programador.

A fim de que não seja necessária a digitação de um programa no *prompt* do JESS, o comando de chamada deste sistema tem a opção de receber, como argumento, o nome de um arquivo contendo a programação. Tal argumento é o terceiro parâmetro da chamada de JESS. A Figura 6, o arquivo **\Publico\hello.clp** contendo a chamada à função **printout**.



```
C:\ Prompt de Comando
Microsoft Windows XP [versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>type c:\Publico\hello.clp
(printout t "Hello, World!" crlf)

C:\>java jess.Main \Publico\hello.clp
Jess, the Java Expert System Shell
Copyright (C) 2001 E.J. Friedman Hill and the Sandia Corporation
Jess Version 6.1p4 7/8/2003
Hello, World!
C:\>
```

Figura 6 – Utilização de um arquivo contendo a programação de JESS.

3.9 INTRODUÇÃO À LINGUAGEM JESS

A *linguagem de regras JESS*, ou simplesmente *linguagem JESS*, é o conjunto de construções que obedecem a uma sintaxe específica. Essas construções são interpretadas pelo ambiente de interação com o programador e, depois de adequada codificação, armazenadas em um dos seguintes locais: na base de regras, na memória de trabalho ou na máquina de execução (ver Figura 3).

As próximas seções contêm diagramas sintáticos que, de modo conciso, descrevem a sintaxe de expressões da linguagem JESS. Nestes diagramas:

- 1) Texto entre < e > é a descrição de algum tipo de dado.
- 2) Textos terminando com + podem aparecer uma ou mais vezes.
- 3) Textos terminando com * podem aparecer zero ou mais vezes.
- 4) Textos entre [e] são opcionais. Estes símbolos podem ser usados para agrupar expressões, de modo que os símbolos de repetição podem ser aplicados ao grupo.

Nas próximas subseções, apresentam-se de forma resumida as principais construções da linguagem JESS utilizadas na programação do protótipo, com base em Friedman-Hill (2003-b)⁹.

3.9.1 Os elementos básicos da linguagem JESS

Os textos codificados utilizando a sintaxe da linguagem JESS são formados por apenas quatro tipos de elementos básicos: *átomos*, *números*, *cadeias de caracteres* e *comentários*.

A codificação em JESS é em formato livre, isto é, os caracteres nova-linha e espaço não são significativos, exceto dentro de cadeias de caracteres. Deste modo, esses caracteres podem ser usados para enfatizar a estrutura do código escrito.

⁹ Friedman-Hill (2003-b) apresenta no Capítulo 2 um guia de referência à Linguagem JESS

3.9.1.1 Átomos ou símbolos

O átomo ou símbolo é um conceito básico em JESS. Os átomos são semelhantes aos identificadores de outras linguagens. Um átomo pode conter letras, números e os seguintes caracteres \$ * = + / < > _ - ? # . Um átomo não pode começar por um número. Os caracteres \$? e = não podem ser o primeiro caractere do átomo, mas podem aparecer em outras posições. A linguagem distingue entre letras maiúsculas e minúsculas em átomos. Três átomos têm significados especiais: **nil** corresponde ao símbolo **null** de Java; **TRUE** e **FALSE** são valores lógicos (*boolean*) em JESS.

As quatro seguintes construções são átomos válidos em JESS:

```
teste valor-fixo _abc pessoa#1
```

3.9.1.2 Números

JESS reconhece números inteiros e números de ponto-flutuante. As cinco seguintes construções são números válidos:

```
3 4. 5.643 6.0E4 -532
```

3.9.1.3 Cadeias de caracteres

As cadeias de caracteres são indicadas em JESS pelo uso do símbolo aspas (“”) no seu início e final. Para que aspas possam fazer parte de uma cadeia de caracteres, elas devem ser antecedidas de uma contrabarra (\). As quatro seguintes construções são cadeias de caracteres válidas:

```

“alô”
“Hello, World!”
“\”Sem sentido.\” ele disse firmemente.”
“Atenção:
Ali”

```

Na última cadeia de caracteres foi utilizado um caractere nova-linha dentro da cadeia.

3.9.1.4 Comentários

Comentários na linguagem JESS começam pelo caractere ponto-e-vírgula (;) e estendem-se até o final da linha. Podem aparecer em qualquer lugar de um programa JESS e são ignorados.

Nas próximas seções, os quatro elementos básicos vistos anteriormente serão utilizados para formar construções em JESS.

3.9.2 Listas

Uma lista sempre consiste de um conjunto de abre e fecha parênteses contendo entre eles zero ou mais átomos, números cadeias de caracteres ou outras listas. As três construções seguintes são listas válidas:

```
(+ 3 2) (a b c) ("Hello, World") () (deftemplate teste (slot barra))
```

O primeiro elemento de uma lista pode ter um significado especial e é chamado de *cabeçalho da lista*.

3.9.3 Chamadas de funções

As chamadas a funções em JESS são listas. Uma lista cujo cabeçalho seja um átomo coincidente com o nome de uma função é uma chamada de função. Por exemplo, uma construção que usa a função **+** para adicionar os números 2 e 3 seria escrita da seguinte forma: `(+ 2 3)`.

Funções podem ser aninhadas: a função mais externa é responsável pelas chamadas das funções mais internas.

Pode-se escrever uma chamada de função no *prompt* **Jess>**. JESS avalia a expressão e apresenta o resultado.

Por exemplo:

```
Jess> (+ 2 3)
5
Jess> (+ (+ 2 3) (* 3 3))
14
```

A lista de funções de JESS encontra-se no Capítulo 8 de Friedman-Hill (2003-b).

3.9.4 Variáveis

As variáveis JESS são escritas como átomos que começam com um ponto-de-interrogação (?). Podem conter dados ou valores de qualquer tipo durante seu ciclo de vida. A variável pode referir-se a um símbolo, número, cadeia de caracteres, lista ou outro valor. As variáveis não devem ser declaradas.

Para atribuir um valor a uma variável, usa-se a função **bind**:

```
Jess> (bind ?x "O Valor")
"O Valor"
```

Para verificar o valor de uma variável no *prompt* `Jess>`, basta digitar o nome da variável.

```
Jess> (bind ?a (+ 2 2))
4
Jess> ?a
4
```

Uma variável pode ser usada em qualquer local em que um valor é esperado. Por exemplo, variáveis podem ser passadas como argumentos em chamadas a funções:

```
Jess> (+ ?a 2)
6
```

3.9.4.1 Variáveis globais

Quaisquer variáveis de um programa JESS são zeradas sempre que o comando **reset** é executado. Isso as torna adequadas para uso como variáveis de rascunho, porém não podem ser usadas como variáveis globais persistentes. Para criar variáveis globais persistentes, existe a construção **defglobal**.

```
(defglobal [?<nome-de-variável-global> = <valor>]+)
```

A construção `nome-de-variável-global` é um átomo iniciado e finalizado pelo caractere asterisco (*).

Exemplos de variáveis globais:

```
?*a*   ?*valor*   ?*contador*
```

3.9.4.2 Variáveis com campos-múltiplos

As variáveis com campos-múltiplos (em inglês *multifields*) constituem-se em um outro tipo especial de variáveis. São iniciadas por **\$?**. Por exemplo, **\$?x** é uma variável com campos-múltiplos. Essas variáveis são criadas mediante a chamada de funções que retornam valores do tipo campos-múltiplos, como por exemplo, a função **create\$**.

Exemplo:

```
Jess> (bind $?cores (create$ vermelho verde azul))
(vermelho verde azul)
Jess> (printout t $?cores crlf)
(vermelho verde azul)
```

3.9.5 Definição de funções em JESS

Podem-se criar funções em JESS mediante a utilização da construção **deffunction**.

```
(deffunction <nome-da-função> [<comentário>] (<parâmetro>*)
  <expressão>*
  [<especificador-de-retorno>])
```

O <nome-da-função> deve ser um átomo, Cada <parâmetro> deve ser um nome de variável. O <comentário> opcional é uma cadeia de caracteres, que pode descrever a finalidade da função. O número de construções <expressão> que constituem o corpo da função é arbitrário. O <especificador-de-retorno> opcional é a construção **return** seguida de um valor ou <expressão>.

O seguinte exemplo é uma **deffunction** que retorna o valor maior de seus argumentos numéricos

```
Jess> (deffunction max "Maior valor entre ?a e ?b" (?a ?b)
      (if (> ?a ?b) then
          (return ?a)
        else
          (return ?b)))
TRUE
```

Ao ser encerrada a digitação da função no *prompt* `Jess>`, se sua sintaxe estiver correta, o interpretador apresenta o átomo **TRUE** na tela.

Esta função pode ser chamada em qualquer local em que uma função JESS possa ser usada.

```
Jess> (printout t "O maior entre 3 e 5 é: " (max 3 5) ".") Crlf)
O maior entre 3 e 5 é: 5.
```

3.9.6 Construções para ajuste de funções

Em algumas situações, uma função não funciona exatamente do modo desejado pelo programador. A construção **defadvice** permite que se escreva código JESS a ser executado antes ou depois da execução de uma dada função.

Exemplos:

```
Jess> (defadvice before + (return 1))
TRUE
Jess> (+ 2 2)
1
Jess> (defadvice after + (return (- ?retval 1)))
TRUE
Jess> (+ 2 2)
3
```

A variável **?retval** é especial. Ela contém o valor da função real.

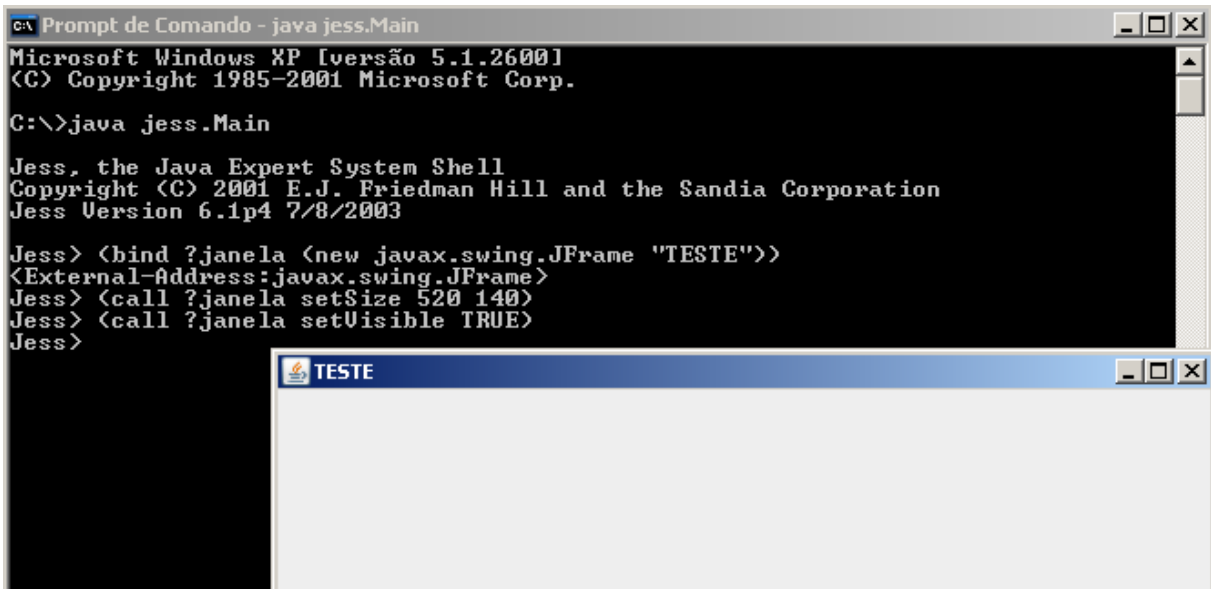
3.9.7 Criando e manipulando objetos Java a partir de JESS

Uma característica importante da linguagem JESS é a possibilidade de criação e manipulação de objetos originados de classes das bibliotecas do Java. Segue um exemplo em que se cria uma janela utilizando funções da biblioteca Swing do Java.

```
Jess> (bind ?janela (new javax.swing.JFrame "TESTE"))
<External-Address:javax.swing.JFrame>
Jess>(call ?janela setSize 520 140)
```

```
Jess>(call ?janela setVisible TRUE)
Jess>
```

A Figura 7 ilustra o programa acima e a janela obtida.



```
Prompt de Comando - java jess.Main
Microsoft Windows XP [versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>java jess.Main

Jess, the Java Expert System Shell
Copyright (C) 2001 E.J. Friedman Hill and the Sandia Corporation
Jess Version 6.1p4 7/8/2003

Jess> (bind ?janela (new javax.swing.JFrame "TESTE"))
<External-Address:javax.swing.JFrame>
Jess> (call ?janela setSize 520 140)
Jess> (call ?janela setVisible TRUE)
Jess>
```

Figura 7 – Chamada de funções das bibliotecas do Java a partir de JESS.

Note-se que na chamada do construtor da classe JFrame foi utilizado o seu nome completamente qualificado (javax.swing.JFrame). Para simplificar essas chamadas, mencionando-se somente o nome da classe, pode-se utilizar a função **import** do JESS, onde se especifica qual o pacote da biblioteca Java que contém a classe. Exemplo:

```
Jess>(import javax.swing.*)
TRUE
Jess> (bind ?janela (new JFrame "TESTE"))
<External-Address:javax.swing.JFrame>
```

O acesso a membros de classes Java é possível pela chamada das funções **get-member** e **set-member**. Segue um exemplo.

```
Jess> (bind ?pt (new java.awt.Point))
<External-Address:java.awt.Point>
Jess> (set-member ?pt x 37)
37
Jess> (set-member ?pt y 42)
42
Jess> (get-member ?pt x)
```

37

Nos exemplos desta seção, foram utilizadas as funções **call**, **new**, **set-member** e **get-member**, que são denominadas funções de integração do JESS com Java. O Capítulo 5 de Friedman-Hill (2003-a) apresenta um estudo completo sobre a utilização de classes e métodos de Java em JESS.

3.9.8 Construções para controle de fluxo

A linguagem JESS possui algumas funções que afetam o fluxo de execução de um programa e permitem agrupar comandos, tomar decisões e executar laços. Nesta seção, apresentam-se resumos das funções **foreach**, **if-then-else** e **while**. A descrição detalhada das funções utilizadas para controle de fluxo encontra-se no Capítulo 8 de Friedman-Hill (2003-b).

3.9.8.1 Função foreach

A sintaxe da função **foreach** é a seguinte:

(foreach <variável> <expressão de múltiplos-campos> <ação>*)

A <variável> assume cada um dos valores presentes na expressão de múltiplos-campos; para cada um desses valores, todos os outros argumentos são avaliados em ordem. A função **return** pode ser usada para interromper as iterações.

Exemplo:

```
Jess> (bind $?lista-de-cores (create$ vermelho verde azul))
(vermelho verde azul)
Jess> (foreach ?cor $?lista-de-cores
          (printout t ?cor crlf))
vermelho
verde
azul
```

3.9.8.2 Função if-then-else

A sintaxe dessa função é a seguinte:

```
(if <expressão> then <ações-1>* [else <ações-2>*])
```

Permite a execução condicional de grupos de ações. A <expressão> é avaliada. Se ela for diferente de **FALSE**, a primeira lista de expressões (ações-1) é executada e o valor retornado é o último calculado na execução da lista. Se a <expressão> for **TRUE** e a segunda lista, opcional, existir, as expressões de <ações-2> são executadas e o valor retornado é o último calculado na execução dessa lista.

Exemplo:

```
(if (> ?x 100) then  
  (printout t "X é grande." crlf)  
else  
  (printout t "X é pequeno." crlf))
```

3.9.8.3 Função while

A sintaxe dessa função é:

```
(while <expressão> [do] <ação>*)
```

Permite a execução condicional, em laço, de um grupo de ações. A <expressão> é avaliada repetitivamente. Enquanto o resultado for diferente de **FALSE**, a lista de expressões em <ação> é executada. O valor da última expressão avaliada é o valor de retorno da função.

Segue um exemplo do uso do **while** para somar os números de 1 a 10.na

Figura 8.

```

C:\>java jess.Main

Jess, the Java Expert System Shell
Copyright (C) 2001 E.J. Friedman Hill and the Sandia Corporation
Jess Version 6.1p4 7/8/2003

Jess> (bind ?cont 1)
1
Jess> (bind ?soma 0)
0
Jess> (while (<= ?cont 10) do
    (bind ?soma (+ ?soma ?cont))
    (bind ?cont (+ ?cont 1)))
FALSE
Jess> ?soma
55
Jess>

```

Figura 8 – Exemplo de uso da função while.

3.10 REPRESENTAÇÃO DE FATOS EM JESS

Nas seções anteriores, completou-se a revisão da sintaxe básica da linguagem JESS. Nesta seção, apresenta-se o modo como JESS permite ao programador a criação e o gerenciamento dos dados sobre os quais as *regras* atuam. Esses dados estão localizados na memória de trabalho, que foi abordada na Seção 3.4.3.

Saliente-se que a palavra *fato*, na abordagem de sistemas especialistas, é usada com significado mais amplo do que na linguagem coloquial. Na terminologia de sistemas especialistas baseados em regras, *fato* refere-se a um elemento na memória de trabalho. Um *fato* é a menor unidade de informação que pode ser separadamente adicionada ou removida da memória de trabalho (FRIEDMAN-HILL, 2003-a, p.76). Conforme Culbert; Donell; Riley (2006, p.10), *fatos* são as unidades fundamentais de dados usados pelas regras.

Os *fatos* são organizados na memória de trabalho constituindo uma **lista-de-fatos**. *Fatos* podem ser adicionados à lista-de-fatos, usando-se o comando **assert**, removidos da lista-de-fatos, usando-se o comando **retract**, modificados, usando-se o

comando **modify**, duplicados, usando-se o comando **duplicate**. O número de fatos existentes na lista-de-fatos e a quantidade de informação que pode ser armazenada em um fato são limitados somente pela quantidade de memória que há no computador (CULBERT; DONELL; RILEY, 2006, p. 11).

Um fato é armazenado em um de dois formatos: ordenado ou não-ordenado.

3.10.1 Fatos ordenados em JESS

Fatos ordenados consistem de um átomo seguido de uma seqüência de zero ou mais campos separados por espaços e delimitados por um abre-parênteses à esquerda e um fecha-parênteses à direita. O primeiro campo de um fato ordenado especifica uma “relação” aplicável aos demais campos do fato ordenado e é chamado de cabeçalho do fato (CULBERT; DONELL; RILEY, 2006, p. 11).

Fatos ordenados codificam a informação posicionalmente. Para acessar uma determinada informação, o programador deve saber quais dados estão armazenados em um fato e qual campo contém a informação.

Seguem exemplos de fatos ordenados.

```
(válvula aberta)
(altitude 10000 metros)
(lista-de-compras pão leite ovos)
```

Fatos ordenados podem ser acrescentados à memória de trabalho pela chamada da função **assert**. A lista de todos os fatos presentes na memória de trabalho pode ser vista pelo comando **facts**. A lista-de-fatos pode ser esvaziada pelo uso do comando **reset**.

```
Jess> (reset)
TRUE
Jess> (assert (pai-de Paula Alfredo))
<Fact-1>
Jess> (facts)
f-0 (MAIN::initial-fact)
f-1 (MAIN::pai-de Paula Alfredo)
For a total of 2 facts.
```

Para cada fato foi associado um índice inteiro denominado *fact-id*. No exemplo acima, f-0 e f-1 são *fact-id*'s. O fato **initial-fact** foi estabelecido pelo comando **reset**, é de uso interno do JESS e sempre recebe o índice f-0.

O átomo **MAIN**, que JESS apresenta antecedendo os índices dos fatos é o nome do *módulo* em que se encontra o respectivo fato. Existe em JESS a possibilidade de se dividir a memória de trabalho em *módulos*, nos quais são inseridos os fatos e as regras, com o objetivo de organizá-los. Se o programador não definir explicitamente os módulos de um programa, o módulo corrente é o principal, que é denominado **MAIN**.

Um fato pode ser removido da lista-de-fatos mediante o uso da função **retract**.

```
Jess> (retract (fact-id 1))
TRUE
Jess> (facts)
f-0 (MAIN::initial-fact)
For a total of 1 facts.
```

Deve-se tomar cuidado de não remover o **initial-fact**, por ser de uso interno do JESS.

3.10.2 Fatos não-ordenados em JESS

Fatos não-ordenados são aqueles que permitem a abstração da estrutura de um fato através da atribuição de nomes para cada campo no fato. A utilização de fatos não-ordenados requer que seja usada a declaração *deftemplate* pela qual se cria um molde (*template*) onde os campos são definidos. A declaração *deftemplate* é análoga às definições de *record* e de *structure* nas linguagens de programação Pascal e C, respectivamente (CULBERT; DONELL; RILEY, 2006, p. 12).

Seguem exemplos de fatos não-ordenados:

```
(Cliente (nome "João da Silva") (id X9345A))
(Ponto (velocidade-x 100) (velocidade-y -200))
(Aula (Professor "Maria") (#-alunos 30) (Sala "37A"))
```

(lista-de-compras (#-de-itens 3) (itens pão leite ovos))

Note-se que os seguintes fatos são idênticos, visto que houve apenas uma mudança na ordem de apresentação dos mesmos campos:

(Aula (Professor "Maria") (#-alunos 30) (Sala "37A"))
 (Aula (Sala "37A") (Professor "Maria") (#-alunos 30))
 (Aula (#-alunos 30) (Professor "Maria") (Sala "37A"))

As vantagens imediatas de clareza e independência de ordem de campos na utilização de fatos não-ordenados são evidentes em relação à utilização de fatos ordenados.

3.10.3 A construção *deftemplate*

Antes de se criar fatos não-ordenados, é necessário definir os campos que os compõem através da construção **deftemplate**.

Segue a sintaxe da declaração **deftemplate**.

```
(deftemplate <nome-do-molde> [extends <nome-da-classe>]
  [<comentário>]
  [(slot <nome-do-campo> [(default | default-dynamic <valor>)]
    [(type <especificação-de-tipo>)]*)
```

O átomo <nome-do-molde> é o cabeçalho dos fatos que serão criados usando o molde definido na declaração.

Pode existir um número arbitrário de campos. Cada <nome-do-campo> deve ser um átomo.

A palavra opcional *default*, que pode seguir o <nome-do-campo>, chamada de qualificador, tem por objetivo definir o <valor> específico para o campo, quando um fato é estabelecido sem especificar esse campo. Quando esse qualificador é omitido, o valor *default* é **nil**. Se o qualificador for *default-dynamic*, <valor> será calculado cada vez que o molde for utilizado para estabelecer um novo fato.

O qualificador *type* especifica qual o tipo de dado que o campo pode receber: <especificação-de-tipo> pode ser ANY, INTEGER, FLOAT, NUMBER, ATOM, STRING, LEXEME e OBJECT. A palavra LEXEME identifica qualquer átomo ou cadeia de caracteres.

Como exemplo, define-se o molde *carro*:

```
Jess> (reset)
TRUE
Jess> (deftemplate carro
  "Define características de um carro."
  (slot fabricante)
  (slot modelo)
  (slot ano (type INTEGER))
  (slot cor (default prateado)))
```

Utilizando esse molde, pode-se criar o seguinte fato:

```
Jess> (assert (carro (fabricante Fiat) (modelo Palio)
  (year 2002)))
<Fact-1>
Jess> (facts)
f-0 (MAIN::initial-fact)
f-1 (MAIN::carro (fabricante Fiat) (modelo Palio)
  (ano 2002) (cor prateado))
For a total of 2 facts.
```

Observe-se que o campo *cor* ficou com o valor *prateado*, devido à programação do qualificador *default* do campo *cor*. Caso em um molde, para um determinado campo não tenha sido programado seu qualificador *default* e no **assert** o campo não tenha estabelecido, o fato ficará com o valor **nil** nesse campo.

Um campo (slot) pode conter somente um valor. Se for necessário o uso de valores múltiplos em um campo, **slot** deve ser substituído por **multislot**.

```
Jess> (deftemplate caixa (slot local) (multislot conteúdo))
TRUE
Jess> (bind ?id (assert (caixa (local cozinha)
  (conteúdo espátula esponja panela))))
<Fact-2>
```

Nesse exemplo, o fact-id retornado pela função **assert** fica armazenado em ?id.

O qualificador *default* de um campo *multislot*, quando não programado, recebe o valor (), que identifica uma lista vazia.

A função **modify** permite alterar valores contidos em campos de fatos, neste exemplo, o campo *local* do fato..

```
Jess> (modify ?id (local sala-de-jantar))
<Fact-2>
Jess> (facts)
f-0 (MAIN::initial-fact)
f-1 (MAIN::carro (fabricante Fiat) (modelo Palio)
      (ano 2002) (cor prateado))
f-2 (MAIN::caixa (local sala-de-jantar)
      (conteúdo espátula esponja panela))
For a total of 3 facts.
```

A cláusula opcional **extends** da construção **deftemplate** permite que se defina um molde em termos de outro. Por exemplo:

```
Jess> (deftemplate carro-usado extends carro
      (slot quilometragem)
      (multislot proprietários))
TRUE
```

O molde *carro-usado* possui dois campos a mais do que o molde *carro*.

3.10.4 A construção *deffacts*

A construção **deffacts** é simplesmente uma lista de fatos. Os fatos programados em todos os comandos *deffacts* são estabelecidos quando o comando **reset** é ativado.

```
Jess> (deffacts meus-fatos "Exemplo de estabelecimento de fatos"
      (teste 123)
      (caixa (local garagem) (conteúdo tesoura papel pedra))
      (carro-usado (ano 1992) (fabricante XXX) (modelo YYY)
      (quilometragem 120000)
      (proprietários Alfredo)))
TRUE
Jess> (reset)
TRUE
Jess> (facts)
f-0 (MAIN::initial-fact)
```

```
f-1 (MAIN::teste 123)
f-2 (MAIN::caixa (local garagem) (conteúdo tesoura papel pedra))
f-3 (MAIN::carro-usado (fabricante XXX) (modelo YYY (ano 1992)
    (cor prata) (quilometragem 120000)
    (proprietários Alfredo))
```

For a total of 4 facts.

3.11 Representação de regras em JESS

A sintaxe da declaração de uma regra é a seguinte:

```
(defrule <nome-da-regra> [<comentário>]
<conditional-element>* ; lado-esquerdo (LHS)
=>
<action>* ; lado-direito (RHS).
```

Exemplo:

```
Jess> (watch all)
TRUE
Jess> (reset)
==> Focus MAIN
==> f-0 (MAIN::initial-fact)
TRUE
Jess> (deffunction parar-carro ()) (printout t "Acionar freios!" crlf)
TRUE
Jess> (defrule avalia-sinal
(sinal-vermelho)
=>
(parar-carro))
MAIN::avalia-sinal: +1+1+1+t
TRUE
Jess> (assert (sinal-vermelho))
==> f-1 (MAIN::sinal-vermelho)
==> Activation: MAIN::avalia-sinal : f-1
<Fact-1>
```

É interessante acompanhar as mensagens de diagnóstico do exemplo acima.

O comando **reset** estabelece o fato **initial-fact**.

Ao finalizar a digitação da regra, aparece a linha “+1+1+1+t”. Esta linha informa sobre a interpretação interna do JESS à regra, especificamente pelo algoritmo Rete, abordado em Friedman-Hill (2003-b).

Quando o fato **sinal-vermelho** é estabelecido, aparece a frase “Activation: MAIN::avalia-sinal : f-1”, porque JESS identificou que a regra **avalia-sinal** teve todas as condições LHS satisfeitas pela lista-de-fatos (“f-1”)

A regra **avalia-sinal** não foi executada (*fired*), pois a máquina de regras precisa ser programada para isso através do comando **run**, conforme segue.

```
Jess> (run)
FIRE 1 MAIN::avalia-sinal f-1
Acionar freio!
<== Focus MAIN
1
```

Tão logo se entra o comando **run**, a regra **avalia-sinal**, que estava ativada, é disparada. Como a monitoração está habilitada pelo comando **watch all**, a linha “FIRE 1 MAIN::avalia-sinal f-1” é impressa. Em seguida, vê-se a saída da ação da regra. O número 1 final indica quantas regras foram executadas (*fired*), como retorno do comando **run**. Esse comando retorna quando não há mais regras a serem executadas.

Se, nessa situação, for enviado novamente um comando **run**, não vai haver execução de nenhuma regra, porque uma regra só é ativada uma vez para um determinado conjunto de fatos. Assim, a regra **avalia-sinal** será executada novamente se o fato **sinal-vermelho** for desativado e posteriormente ativado.

4 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA RESSARCIMENTO DE DANOS NO SETOR ELÉTRICO

Neste capítulo, abordam-se:

1) a implementação adotada para o SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão em Pedidos de Ressarcimento de Danos com a utilização da linguagem JESS, que foi apresentada no capítulo anterior;

2) a programação da base de conhecimentos do SETD-PRD derivada da modelagem técnico-jurídica desenvolvida no Capítulo 2; e.

3) os resultados de testes executados com o SETD-PRD.

Finalmente, apresentam-se sugestões para melhorias do SETD-PRD.

4.1 ARQUITETURA DO PROGRAMA SETD-PRD

O arquivo `Setd-prd.clp`, que é o fonte do protótipo SETD-PRD, está codificado na linguagem JESS e pode ser visto no Apêndice A desta Monografia.

A figura 9 mostra a organização adotada na programação do protótipo, em que cada camada utiliza-se dos recursos disponibilizados pela camada imediatamente inferior. Trata-se de três camadas chamadas, respectivamente, Segmento-1, Segmento-2 e Segmento-3.

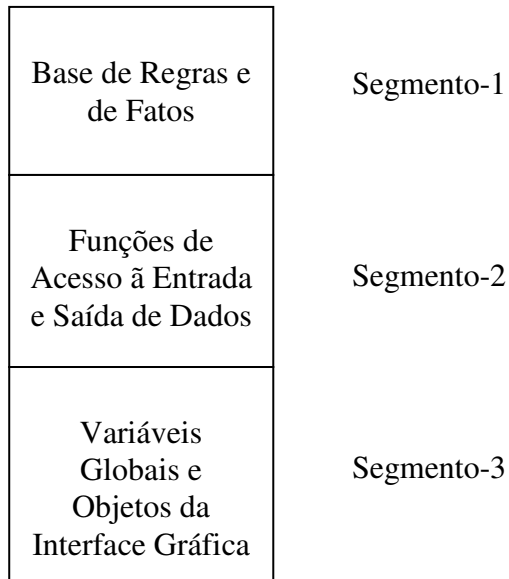


Figura 9 – Organização adotada no SETD-PRD.

O segmento-1 contém a base de regras e a parte inicializada da base de fatos.

O segmento-2 contém as funções de entrada e saída de dados. As ações (RHS) das regras localizadas no segmento-1 comunicam-se com o usuário chamando as funções desse segmento.

O segmento-3 contém a inicialização das variáveis globais e dos objetos que programam a Interface Gráfica do Java neste protótipo. As funções mencionadas, pertencentes ao segmento-2, utilizam-se das variáveis globais e dos objetos criados neste segmento para comunicar-se com o usuário.

O conceito de segmentação não é intrínseco à linguagem JESS, sendo utilizado no SETD-PRD com o objetivo de implementação das camadas da Figura 9.

As vantagens dessa forma de implementação são:

1) As alterações na base de regras e/ou na base de fatos serão limitadas ao segmento-1;

2) Possíveis evoluções na forma de comunicação com o usuário serão implementadas mediante alterações nas funções do segmento-2 e/ou do segmento-3, sendo mantidas as interfaces com o segmento 1. Por exemplo, pode-se obter uma interface gráfica com aparência completamente nova sem afetar o segmento-1, que continuará com as mesmas chamadas para funções do segmento-2.

3) Cria-se uma disciplina consistente de programação.

4) Em vista das considerações anteriores, a manutenção do SETD-PRD fica facilitada.

O paradigma de programação do segmento-1 é declarativo (Seção 3.4.7) e dos demais segmentos é algorítmico.

4.2 A EXECUÇÃO DO PROGRAMA SETD-PRD

Para executar o SETD-PRD em ambiente Windows XP deve ser executado o comando

```
java jess.Main setd-prd.clp.
```

Esse comando pode ser executado a partir da caixa **Executar...** do **Menu Iniciar** do Windows, ou clicando em um atalho para programa que contenha a linha de comando.

JESS lê e interpreta o arquivo fonte setd-prd.clp. A execução começa no segmento-3, que contém a inicialização das variáveis globais e dos objetos que programam a Interface Gráfica do Java. As últimas instruções do segmento-3, executadas após o final da inicialização das variáveis globais e dos objetos, são:

```
(reset)
```

```
(run-until-halt).
```

O **reset** é aplicado para que os fatos estabelecidos na construção **defacts**, existente no segmento-1, sejam carregados na lista-de-fatos (Seção 3.10.4). O comando **run-until-halt** parte a máquina de inferência. Diferentemente do que o comando **run** (Seção 3.11), em que a máquina de inferência pára, quando não existem mais regras ativadas, o comando **run-until-halt** é finalizado somente com a execução do comando **halt**¹⁰ (FRIEDMAN-HILL, 2003-b).

Na próxima seção aborda-se o ciclo de passos seguidos pela máquina de inferência em vista da programação do SETD-PRD. Menciona-se, também na próxima seção, o uso do comando **halt** no segmento-1.

¹⁰ As especificações das funções **run-until-halt** e **halt** encontram-se disponíveis em Friedman-Hill (2003-b) Capítulo 8.

4.3 OS CICLOS EXECUTADOS NO PROGRAMA SETD-PRD

SETD-PRD apresenta ao usuário uma seqüência de perguntas, que devem ser respondidas uma a uma, de modo que o programa acabe chegando a uma conclusão a respeito do pedido de ressarcimento de danos formulado pelo consumidor.

A máquina de inferência JESS, conforme descrito na seção 3.4, com base na programação declarativa adotada no SETD-PRD, repete ciclicamente os passos numerados de um a quatro, elencados a seguir, até chegar a uma conclusão quanto ao pedido de ressarcimento de danos:

- 1) formula uma pergunta para o usuário;
- 2) aguarda a resposta do usuário;
- 3) armazena a resposta na memória de trabalho, gerando fatos;
- 4) executa as ações das regras ativadas pelos fatos presentes na memória de trabalho.

Todos os passos referidos anteriormente são realizados mediante a execução pela máquina de inferência JESS de ações prescritas nas regras que vão sendo ativadas.

Quando, entre as ações de uma regra ativada, houver a apresentação para o usuário da conclusão final sobre o pedido de ressarcimento de danos, a repetição cíclica do conjunto desses passos elencados chega ao fim. Para que isso ocorra, a última ação executada pela regra ativada é a chamada da função **halt**, a qual encerra a execução das regras e do próprio SETD-PRD.

Para que a primeira pergunta seja formulada no passo um é necessário que o programa inicie com uma regra ativada. Na próxima seção, examina-se como se iniciam as atividades da máquina de inferência, imediatamente após o **reset**.

4.3.1 O primeiro passo após reset

Na seção 4.2 houve referência à execução do comando **reset** imediatamente antes do disparo da máquina de inferência: esse comando ativa os fatos incluídos no **deffacts** existente no segmento-1. Um desses fatos ativados é (**perguntar (ident qualificacao-nome)**). Abordam-se, a seguir, os efeitos desse fato ativado, percorrendo-se os quatro passos de cada ciclo, mencionados anteriormente.

4.3.1.1 A formulação da pergunta ao usuário

Inicialmente, transcrevem-se os três moldes utilizados no `setd-prd.clp`.

```
(deftemplate perguntar
  (slot ident)      ;; Identificador que define a pergunta a ser formulada.

(deftemplate pergunta
  (slot ident)      ;; Identificador que define a pergunta a ser formulada.
  (slot tipo)       ;; Tipo de resposta: alfabética, numérica ou multi(lista).
  (multislot valido) ;; Os valores possíveis, se o tipo de resposta for multi.
  (slot texto))     ;; o texto da pergunta.

(deftemplate resposta
  (slot ident)      ;; Identificador da pergunta a qual esta resposta corresponde.
  (slot texto))     ;; Texto da resposta do usuário.
```

O comando **deffacts** do segmento-1, ao utilizar os moldes **pergunta** e **perguntar**, cria os fatos a seguir:

```
(deffacts question-data
  (pergunta (ident qualificacao-nome) (tipo alfabetico) (valido)
    (texto "Qual é o nome do consumidor?"))
  (perguntar (ident qualificacao-nome)))
```

A regra, a seguir transcrita, requer alguma análise.

```

(defrule formula-questao-por-id
  "Dado o identificador de uma questão, faça-a"
  (pergunta (ident ?id) (tipo ?type) (valido $?valid) (texto ?text))
  (not (resposta (ident ?id)))
  (perguntar (ident ?id))
  =>
  (ask-user ?text ?type ?valid)
  ((engine) waitForActivations))

```

As premissas da regra **formula-questao-por-id** são os três fatos que constam antes do símbolo =>. A primeira e terceira premissas são verdadeiras para os fatos listados no comando **defacts** acima. A segunda premissa também é verdadeira, devido à presença do **not** antecedendo o fato **resposta**, que não está ativado. Desta forma, a regra é válida e são executadas, em seqüência, as duas ações desta regra.

A primeira dessas ações é a chamada da função **ask-user**, que está codificada no segmento-2 e que coloca na janela do SETD-PRD a mensagem que estiver no campo texto do fato **pergunta**, isto é, a cadeia de caracteres “Qual é o nome do consumidor?”. A função **ask-user**, além disso, coloca na parte inferior da janela os objetos necessários à efetivação da resposta pelo usuário. Os objetos podem ser, alternativamente, uma caixa de linha de texto para digitação ou uma caixa de seleção, qualquer um dos dois acompanhados de um botão de OK. Nesse caso, como a pergunta requer a digitação de uma resposta pelo usuário, é apresentada uma caixa de linha de texto.

A figura 10 mostra a janela do protótipo formulando essa pergunta, antes do início da resposta pelo usuário.

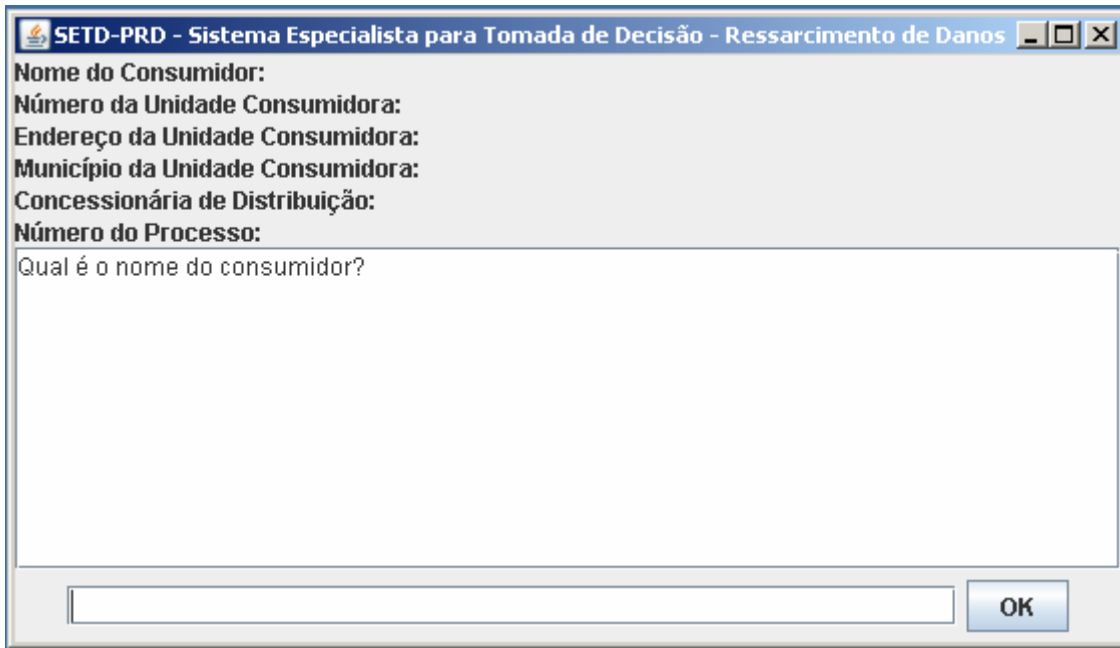


Figura 10 – Janela do SETD-PRD logo após a inicialização

4.3.1.2 Aguardando a resposta do usuário

A segunda das ações da regra **formula-questao-por-id** é a chamada do método **waitForActivations()** do Java, associado ao objeto “máquina de inferência”, que fica programada para aguardar até que uma regra seja ativada¹¹ (FRIEDMAN-HILL, 2003-b).

Devido a esta segunda ação, então, as atividades da máquina de inferência serão suspensas até que o usuário, após digitar o nome do consumidor, ative a tecla ENTRA ou clique no botão OK.

Quando um desses dois eventos ocorrer, a JVM acionará o receptor de eventos (**listener**) do Java (JANDL JUNIOR, 2002, p. 199), que foi programado, durante a inicialização, para chamar a função **read-input** do segmento-2.

```
(deffunction read-input (?EVENT)
  "Um handler para entrada de dados pelo usuário"
  (assert (user-input (sym-cat (?*afield* getText))))))
```

¹¹ A definição do método `waitForActivations()` do Java encontra-se disponível em Friedman-Hill (2003-b), Capítulo 9.

A função **read-input** cria o fato ordenado **user-input**, cujo único campo é a cadeia de caracteres digitada pelo usuário. Esse fato torna válida a regra **obtem-resposta-usuario** do segmento-1, aqui transcrita:

```
(defrule obtem-resposta-usuario
  "verifica uma resposta retornada do GUI, e opcionalmente retorna-a"
  (pergunta (ident ?id) (tipo ?type) (valido $?valid) (texto ?text))
  (not (resposta (ident ?id)))
  ?user <- (user-input ?input)
  ?perguntar <- (perguntar (ident ?id))
  =>
  (if (is-of-type ?input ?type ?valid) then
    (retract ?perguntar ?user)
    (assert (resposta (ident ?id) (texto ?input)))
    (return)
  else
    (retract ?perguntar ?user)
    (assert (perguntar (ident ?id)))))
```

Esta regra tem quatro premissas, das quais três eram verdadeiras após o **reset** e uma delas, a terceira, não era verdadeira por estar aguardando a digitação dos dados solicitados ao usuário. Após a criação do fato **user-input**, todas as premissas ficam verdadeiras, e a regra está validade. A consequência disso é a retomada de atividades da máquina de inferência, que estava suspensa, aguardando a ativação de uma regra.

4.3.1.3 Gerando o fato resposta

Nesta seção, analisa-se, ainda, a regra **obtem-resposta-usuario**, transcrita na seção anterior. As ações dessa regra são:

- 1) retirar os fatos **perguntar** e **user-input**, em preparação para um novo ciclo da máquina de inferência;
- 2) ativar o fato **resposta**, com os campos adequados.

Essas duas ações ocorrem se a resposta do usuário teve formato correto, testado pela função do segmento-2 **is-of-type**. Caso a resposta não seja correta, a

pergunta é repetida mediante a ativação do fato **perguntar** no bloco de comando do *else*.

Um detalhe que ainda ficou pendente em relação à regra **obtem-resposta-usuario** é a utilização do símbolo **<-** em algumas de suas premissas. Esse símbolo vincula a variável à sua esquerda com o objeto à sua direita, de modo que operações realizadas sobre a variável atuarão no objeto. No caso presente, as variáveis **?user** e **?perguntar** são utilizadas nas ações da regra. Os comandos em que elas participam estarão atuando nos fatos correspondentes.

4.3.1.4 Ações das regras ativadas pela resposta

O fato

(resposta (ident qualificacao-nome) (texto "<nome do consumidor>")),

que foi ativado pela regra **obtem-resposta-usuario**, como foi visto na seção anterior, causa a validação da regra **nome-do-consumidor**, que é a primeira regra de qualificação do consumidor, presente no segmento-1.

```
(defrule nome-do-consumidor
  (resposta (ident qualificacao-nome) (texto ?nome))
  =>
  (coloca qualificacao-nome ?nome)
  (assert (perguntar (ident qualificacao-forma_tratamento))))
```

As ações decorrentes da validação dessa regra são:

1) Chamada da função **coloca**, que se encontra no segmento-2 e que copia a cadeia de caracteres da variável **?nome** para o rótulo que deve apresentar o nome do consumidor na parte de cima da janela do SETD-PRD. A Figura 11 mostra o resultado da digitação do nome do consumidor, seguido de clique no botão OK ou digitação da tecla ENTRA.

2) Ativação do fato

(perguntar (ident qualificacao-forma_tratamento)), que inicia um novo ciclo com a formulação da pergunta "Qual é a forma de tratamento para o(a) consumidor(a)?". Esta pergunta aparece formulada na Figura 11.

Figura 11 – Janela do SETD-PRD após digitação do nome do consumidor.

4.3.2 Os ciclos subsequentes da máquina de inferência

Na Seção 4.3.1.4 abordou-se a finalização do primeiro ciclo, decorrente da ativação da regra **nome-do-consumidor**. Viu-se que a primeira ação é a escrita do nome do consumidor, digitado pelo usuário, no rótulo adequado da janela. A segunda ação foi a ativação do fato **(perguntar (ident qualificacao-forma_tratamento))**, em preparação ao início de um novo ciclo da máquina de inferência, cujo primeiro passo é a formulação da pergunta relativa à forma de tratamento do consumidor. A Figura 11 mostra a situação da janela no segundo passo do novo ciclo – aguardando a resposta do usuário.

Note-se que, na parte inferior da janela do SETD-PRD, no espaço para resposta do operador, aparece uma caixa de seleção com as opções “Sr.” e “Sra.” e o correspondente botão de OK. Isso é diferente do que ocorreu na formulação da pergunta relativa ao nome do consumidor, na Figura 10, em que apareceu uma caixa

de linha de texto. Tal diferença se deve ao fato **pergunta** a seguir transcrito, em que consta **multi** no campo tipo.

```
(pergunta (ident qualificacao-forma_tratamento) (tipo multi)
  (valido (sym-cat "Sr.") (sym-cat "Sra."))
  (texto "Qual é a forma de tratamento para o(a) consumidor(a)?"))
```

A formulação da pergunta e a colocação da caixa de seleção na área de resposta da janela foram abordadas na Seção 4.3.1.1 e valem para o caso presente em que o SETD-PRD está no segundo ciclo.

Os demais passos desse segundo ciclo, bem como os passos dos ciclos subsequentes seguem as descrições feitas nas seções 4.3.1.1 a 4.3.1.4.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA BASE DE REGRAS DO SETD-PRD

Esta seção trata da elaboração das regras e dos fatos baseados no molde **pergunta** que estão codificados no segmento-1 do SETD-PRD. Essas regras e esses fatos definem o modo de funcionamento do protótipo e precisam ser consistentes com o que foi abordado nas seções 4.1 a 4.3.

Na prática, existe uma interface, delimitada pelo segmento-2, para as regras e os fatos inseridos no segmento-1. A base de regras deve ser construída obedecendo ao seguinte paradigma:

- 1) Somente uma pergunta deve ser formulada, em cada ciclo.
- 2) Todas as perguntas são criadas como fatos, obedecendo ao molde **pergunta**.
- 3) As respostas são armazenadas como fatos, obedecendo ao molde **resposta**.
- 4) Cada regra deve acionar o fato **perguntar**. As exceções são:
 - a) Uma das ações da regra é encerrar o programa, através de chamada da função **halt**.
 - b) A regra, não tendo definida a próxima pergunta a ser formulada para o usuário, aciona algum fato que valide uma outra regra, que por sua vez ou encerra o programa ou formula uma pergunta para o usuário.

Esse procedimento pode ser cascateado um número indeterminado de vezes.

A base de regras está escrita de forma a agrupar as regras por assunto, tendo sido constituídos os seguintes grupos:

Grupo-1 – as regras deste grupo têm por objeto a qualificação do consumidor;

Grupo-2 – as regras deste grupo têm por objeto a verificação da compatibilidade do pedido de ressarcimento de danos com as limitações de abrangência da Resolução ANEEL n.º 61/2004 (ver Seção 2.2 desta monografia);

Grupo-3 – as regras deste grupo têm por objeto a verificação dos prazos para a formulação pelo consumidor do pedido de ressarcimento de danos para a concessionária de distribuição e para a realização de inspeção pela concessionária do equipamento danificado (ver Seção 2.3.1 desta monografia);

Grupo-4 – as regras deste grupo têm por objeto a caracterização da perturbação no sistema de distribuição (ver Seção 2.3.3 desta monografia);

Grupo-5 – as regras deste grupo têm por objeto a caracterização do dano no equipamento reclamado (ver Seção 2.3.2 desta monografia);

Grupo-6 – as regras deste grupo têm por objeto a avaliação do nexo causal entre a perturbação no sistema de distribuição e o dano no equipamento (ver Seção 2.3.4 desta monografia);

Grupo-7 – as regras deste grupo têm por objeto a avaliação das excludentes de responsabilidade da concessionária de distribuição.

Em qualquer um desses grupos, exceto no Grupo-1, o SETD-PRD pode chegar a uma conclusão e encerrar.

Para facilitar a leitura desta e das próximas seções transcrevemos aqui os moldes apresentados na Seção 4.3.1.1.

```

(deftemplate perguntar
  (slot ident)      ;; Identificador que define a pergunta a ser formulada.

(deftemplate pergunta
  (slot ident)      ;; Identificador que define a pergunta a ser formulada.
  (slot tipo)       ;; Tipo de resposta: alfabética, numérica ou multi(lista).
  (multislot valido) ;; Os valores possíveis, se o tipo de resposta for multi.
  (slot texto)      ;; o texto da pergunta.

(deftemplate resposta
  (slot ident)      ;; Identificador da pergunta a qual esta resposta corresponde.
  (slot texto)      ;; Texto da resposta do usuário.

```

4.4.1 Grupo-1 – qualificação do consumidor

O objetivo da qualificação do consumidor é apresentar os seus dados na parte superior da janela do SETD-PRD e utilizar esses dados em uma minuta de parecer técnico a ser elaborado pela Agência em relação à reclamação formulada pelo consumidor. A geração da minuta de parecer técnico não está implementada no protótipo do SETD-PRD, porém constitui-se numa das sugestões de melhoria do produto (Seção 4.6).

A Figura 12 apresenta uma tela do SETD-PRD com os dados de qualificação do consumidor preenchidos,

The screenshot shows a window titled "SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão - Ressarcimento de Danos". The window contains a table of consumer data and a list of questions. At the bottom, there is a dropdown menu showing "127V" and an "OK" button.

Nome do Consumidor:	Sr. Um Dois Três de Oliveira Quatro
Número da Unidade Consumidora:	1234567890
Endereço da Unidade Consumidora:	Av. Borges de Medeiros, 659
Município da Unidade Consumidora:	Porto Alegre
Concessionária de Distribuição:	CEEE-D
Número do Processo:	000000-39.00/07-X

Qual é o nome do consumidor?
Qual é a forma de tratamento para o(a) consumidor(a)?
Qual é o número da unidade consumidora (NUC - somente dígitos)?
Qual é o endereço da unidade consumidora?
Qual é o Município onde se encontra a unidade consumidora?
Qual é a concessionária que atende à unidade consumidora?
Qual é o número do processo ou da Solicitação de Ouvidoria?
Qual é a tensão de atendimento à unidade consumidora?

127V OK

Figura 12 – Tela do SETD-PRD com os dados de qualificação do consumidor preenchidos.

Os dados relativos ao consumidor, solicitados por esse grupo de regras, são, como se pode ver na Figura 12, o nome, a forma de tratamento (Sr. ou Sra.), o número da unidade consumidora, o endereço da unidade consumidora, o município da unidade consumidora, qual a concessionária de distribuição que atende à unidade consumidora e o número do processo ou solicitação de ouvidoria da reclamação.

As regras e as perguntas utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia a partir do comentário “Grupo1 – Regras e perguntas da Qualificação do consumidor”.

4.4.2 Grupo-2 - requisitos de abrangência

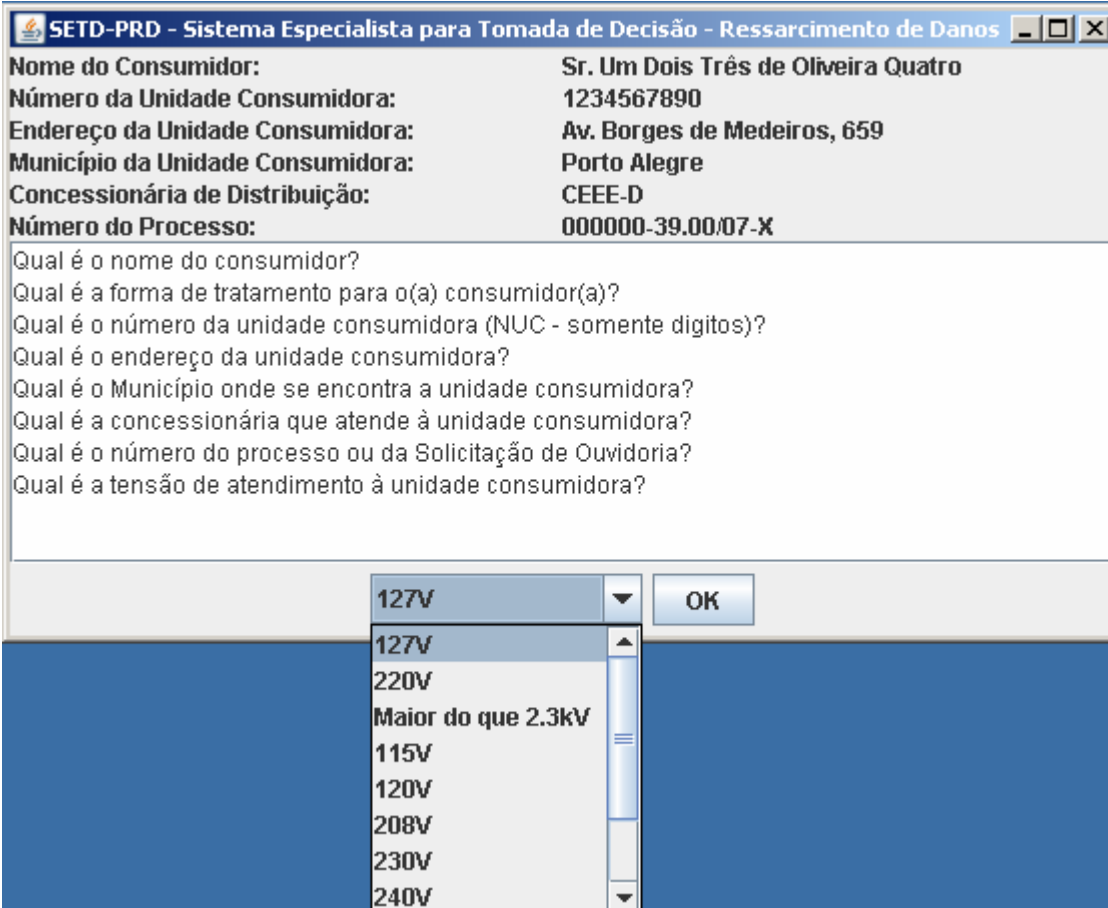
Os requisitos de abrangência estabelecidos na Resolução ANEEL nº. 61/2004 foram examinados na Seção 2.2 e originaram as perguntas e regras deste grupo, que verificam:

- 1) se a tensão de atendimento da unidade consumidora é menor ou igual a 2,3 kV;

- 2) se o equipamento danificado é elétrico;
- 3) se o tipo de dano existente no equipamento é elétrico.

A Figura 13 ilustra a tela do SETD-PRD, quando o programa está aguardando a resposta do usuário para a pergunta relativa à tensão, de atendimento da unidade consumidora.

As regras e perguntas utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 2 – Regras e Perguntas relativas à Abrangência da Res. ANEEL nº. 61/2004”.



The screenshot shows a window titled "SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão - Ressarcimento de Danos". The window contains a form with the following fields:

Nome do Consumidor:	Sr. Um Dois Três de Oliveira Quatro
Número da Unidade Consumidora:	1234567890
Endereço da Unidade Consumidora:	Av. Borges de Medeiros, 659
Município da Unidade Consumidora:	Porto Alegre
Concessionária de Distribuição:	CEEE-D
Número do Processo:	000000-39.00/07-X

Below the form, there are several questions:

- Qual é o nome do consumidor?
- Qual é a forma de tratamento para o(a) consumidor(a)?
- Qual é o número da unidade consumidora (NUC - somente dígitos)?
- Qual é o endereço da unidade consumidora?
- Qual é o Município onde se encontra a unidade consumidora?
- Qual é a concessionária que atende à unidade consumidora?
- Qual é o número do processo ou da Solicitação de Ouvidoria?
- Qual é a tensão de atendimento à unidade consumidora?

A dropdown menu is open, showing the following options:

- 127V
- 220V
- Maior do que 2.3kV
- 115V
- 120V
- 208V
- 230V
- 240V

An "OK" button is visible to the right of the dropdown menu.

Figura 13 – Pergunta sobre tensão de atendimento no SETD-PRD

4.4.3 Grupo-3 - Prazos para formulação do pedido e para inspeção do equipamento danificado

Nas seções 2.3.1 e 2.3.2 foram abordados os seguintes prazos máximos:

1) o consumidor dispõe de noventa dias, contados a partir da data em que o equipamento sofreu o dano, para formular o pedido de ressarcimento para a concessionária;

2) a concessionária dispõe de vinte dias úteis, contados a partir da data em que o consumidor formulou o pedido de ressarcimento de danos, para realizar inspeção no equipamento danificado;

3) a concessionária dispõe de sessenta dias, contados a partir da data em que o consumidor formulou o pedido de ressarcimento de danos, para informá-lo sobre a decisão tomada em relação ao pedido formulado.

As regras e perguntas utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 3 – Regras e Perguntas sobre os requisitos de prazos estabelecidos na Res. ANEEL nº. 61/2004”.

4.4.4 Grupo-4 – caracterização da perturbação no sistema elétrico

As regras e perguntas deste grupo buscam caracterizar a perturbação ocorrida no sistema de distribuição de energia elétrica. As perguntas formuladas neste grupo visam à obtenção das seguintes informações pelo SETD-PRD:

1) Verificação da coincidência aproximada entre a data e horário da perturbação na rede de distribuição com a informação apresentada sobre esse assunto pelo consumidor, quando foi formulado o pedido de ressarcimento de danos para a concessionária.

2) Estabelecimento do local onde ocorreu a perturbação, se na rede primária ou secundária de distribuição.

3) Complementação da informação sobre a localização da perturbação: a perturbação ocorreu no ramal de ligação que atende ao consumidor ou na própria rede secundária principal.

4) Número de fases da unidade consumidora.

5) Informação sobre o tipo de perturbação ocorrida. A Figura 14 mostra as possibilidades de perturbações que ocorram na rede secundária. Para a rede primária as opções são: falta de fase, manobra e descarga atmosférica.

The screenshot shows a window titled "SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão - Ressarcimento de Danos". The form contains the following fields:

- Nome do Consumidor: Sr. Um Dois Três de Oliveira Quatro
- Número da Unidade Consumidora: 1234567890
- Endereço da Unidade Consumidora: Av. Borges de Medeiros, 659
- Município da Unidade Consumidora: Porto Alegre
- Concessionária de Distribuição: CEEE-D
- Número do Processo: 000000-39.00/07-X

Below these fields is a list of questions:

- Qual é o tipo de equipamento danificado?
- Qual é o tipo de dano sofrido pelo equipamento?
- Quantos dias após a ocorrência do dano o pedido foi formulado?
- Quantos dias úteis após a formulação do pedido ocorreu a inspeção?
- Quantos dias após o pedido a concessionária informou a decisão?
- Ocorreu perturbação na rede na data e horário reclamados?
- Onde ocorreu perturbação na rede de distribuição?
- A perturbação ocorreu no ramal de ligação ou na rede?
- Quantas fases tem a conexão da unidade consumidora?
- Qual a perturbação do sistema de distribuição?

A dropdown menu is open, showing the following options:

- Neutro interrompido ou com contato inadequado
- Fase interrompida ou com contato inadequado
- Curto circuito entre fase e neutro
- Curto circuito entre duas fases
- Nível de tensão inadequado (Res. 505/2001)
- Descargas atmosféricas

Figura 14 – Possibilidades de perturbações na rede secundária.

As informações obtidas a partir das respostas do usuário às perguntas formuladas pelo SETD-PR são importantes para a análise do nexos causal entre a perturbação e o dano no equipamento elétrico, de modo que elas são armazenadas na forma de fatos a serem utilizadas posteriormente no Grupo 6. Utilizam-se quatro fatos para armazenamento de informações neste grupo, identificados pelos cabeçalhos **prim-sec**, **ramal-rede**, **uc_fases** e **defeito**. Esses cabeçalhos recebem, respectivamente, as informações sobre local (rede primária ou secundária), se ramal de ligação ou rede, número de fases e tipo de defeito.

As regras e perguntas utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 4 - Regras e Perguntas relativas à perturbação do sistema elétrico”..

4.4.5 Grupo-5 - caracterização do dano no equipamento

As regras e perguntas deste grupo buscam caracterizar qual é o tipo do equipamento reclamado pelo consumidor e detalhes sobre o módulo, ou o dispositivo, interno ao equipamento que sofreu o dano. As tabelas da Seção 2.3.4 estabelecem, para cada tipo de equipamento elétrico, os módulos e dispositivos internos que podem sofrer danos, quando ocorre perturbação na rede elétrica.

Nas tabelas da Seção 2.3.4 e no SETD-PRD, utiliza-se uma classificação dos equipamentos elétricos em três classes: equipamentos dotados de motores, equipamentos eletrônicos e equipamentos para aquecimento.

Considera-se no SETD-PRD, assim como nas tabelas referidas, que os seguintes módulos ou dispositivos podem sofrer danos decorrentes de perturbação na rede elétrica:

- 1) equipamentos dotados de motores: enrolamentos, capacitores e circuitos de proteção do motor;
- 2) equipamentos eletrônicos: componentes da fonte de alimentação; e
- 3) equipamentos para aquecimento: as resistências.

A Figura 15 ilustra as opções de resposta em relação à pergunta “Qual é o módulo defeituoso no equipamento dotado de motor?”.

SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão - Ressarcimento de Danos

Nome do Consumidor: Sr. Um Dois Três de Oliveira Quatro
 Número da Unidade Consumidora: 0123456789
 Endereço da Unidade Consumidora: Av. Borges de Medeiros, 659
 Município da Unidade Consumidora: Porto Alegre
 Concessionária de Distribuição: CEEE-D
 Número do Processo: 000000-39.00/07-X

Quantos dias após a ocorrência do dano o pedido foi formulado?
 Quantos dias úteis após a formulação do pedido ocorreu a inspeção?
 Quantos dias após o pedido a concessionária informou a decisão?
 Ocorreu perturbação na rede na data e horário reclamados?
 Onde ocorreu perturbação na rede de distribuição?
 A perturbação ocorreu no ramal de ligação ou na rede?
 Quantas fases tem a conexão da unidade consumidora?
 Qual a perturbação do sistema de distribuição?
 Qual o tipo de equipamento danificado?
 Qual é o módulo defeituoso no equipamento dotado de motor?

Enrolamentos (dropdown menu):
 Enrolamentos
 Capacitor
 Proteção do motor
 Nenhum desses

OK

Figura 15 – Seleção de módulos com defeito em equipamentos dotados de motores.

As informações obtidas a partir das respostas do usuário às perguntas formuladas pelo SETD-PR são importantes para a análise do nexos causal entre a perturbação e o dano no equipamento elétrico, de modo que elas são armazenadas na forma de fatos a serem utilizadas posteriormente no Grupo 6. Utilizam-se dois fatos para armazenamento de informações neste grupo, identificados pelos cabeçalhos **tipo-eqpto** e **tipo-dano**.

As regras e perguntas utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 5 - Regras e Perguntas relativas ao dano no equipamento elétrico”.

4.4.6 Grupo-6 - avaliação do nexos causal

Neste grupo, constam as regras utilizadas para verificação da existência de nexos causal entre a perturbação na rede de distribuição e o dano no equipamento elétrico.

Não está programada, neste grupo, a formulação de perguntas ao usuário, uma vez que os dados a respeito da perturbação e do dano do equipamento foram obtidos, respectivamente, nos grupos quatro e cinco. Os dados obtidos foram armazenados na memória de trabalho do SETD-PRD na forma de fatos (seções 4.4.4 e 4.4.5).

As regras utilizadas neste grupo, que constam no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 6 - Regras relativas ao nexo causal”, são obtidas a partir das tabelas 2 a 10 existentes na Seção 2.3.4.

Nas ações da maioria das regras deste grupo, verifica-se a chamada da função **resumir-constatacao**, que apresenta, na forma de janelas de diálogo¹², uma mensagem com constatações resumidas a respeito do pedido de ressarcimento de danos sob análise. A Figura 16 ilustra o caso de dano nos enrolamentos de um motor devido à ocorrência da perturbação “fase interrompida ou com contato inadequado”.

Note-se que o caso da Figura 16 está descrito na Tabela 4 da Seção 2.3.4.

As regras utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário “Grupo 6 - Regras relativas ao nexo causal”. A codificação da regra específica, que corresponde ao caso da Figura 16, encontra-se após o comentário “;; **Tabela 4**”.

Cada uma das regras deste grupo chega a uma conclusão sobre a existência ou não de nexo causal no caso sob análise. A conclusão é consubstanciada pela ativação de um dos fatos (**nexo-causal sim**) ou (**nexo-causal não**), que será objeto de análise no grupo-7.

¹² Janela de diálogo é a denominação adotada por Jandl Junior(2002, p. 357) para os objetos obtidos pelo instanciamento da classe JoptionPane do Java, que é usada no SETD-PRD.

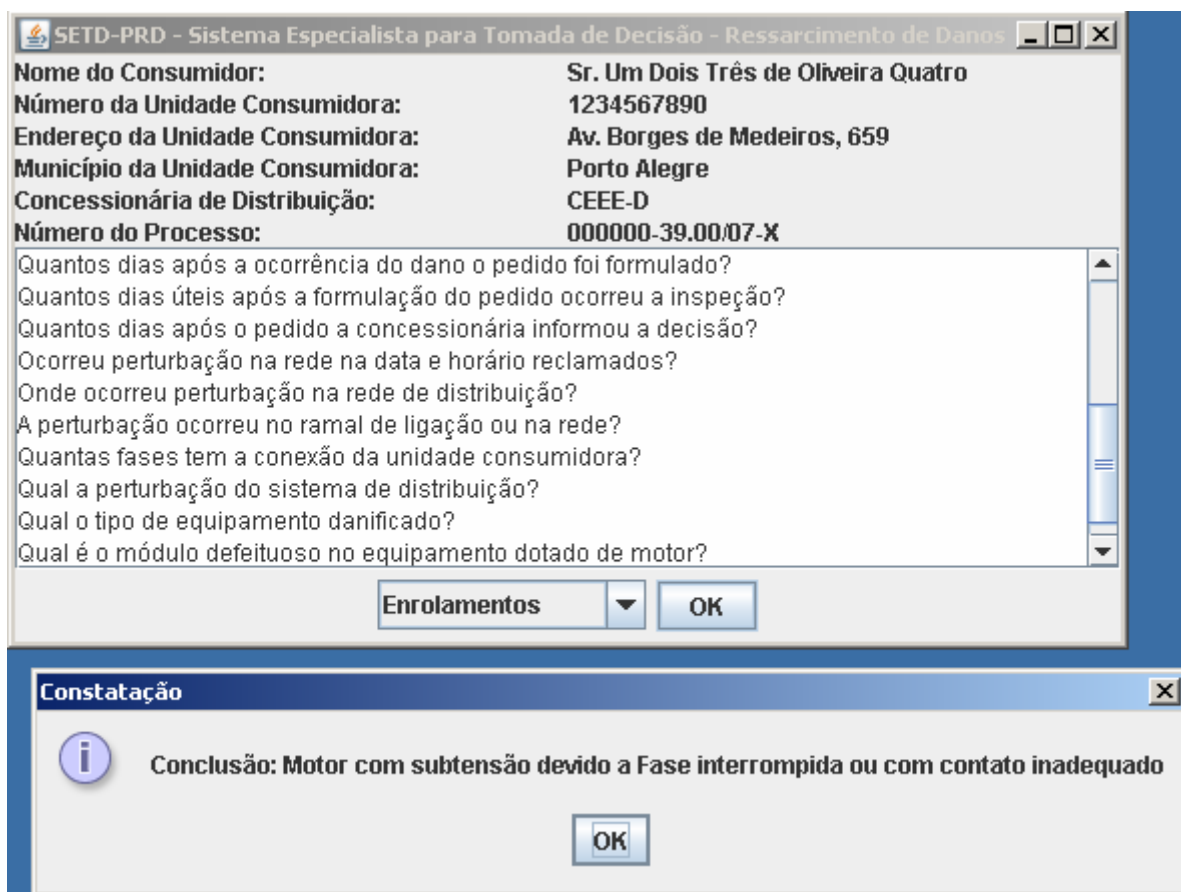


Figura 16 – Janela de Diálogo com constatação resumida sobre caso sob análise.

4.4.7 Grupo-7 – avaliação de excludentes de responsabilidade da concessionária

Neste grupo são avaliadas possíveis exclusões de responsabilidade da concessionária, se, na análise realizada pelas regras do Grupo-6, a conclusão foi a de existência de nexos causal entre a perturbação e o dano.

Quando existe nexos causal, o SETD-PRD formula pergunta ao usuário quanto à apresentação pela concessionária de provas relativas a uma das três possíveis excludentes de responsabilidade: “culpa exclusiva do consumidor”, “fato exclusivo de terceiro” e “caso fortuito e força maior”. A Figura 17 ilustra essa pergunta e mostra as opções do usuário.

Se a perturbação deveu-se à manobra na rede primária ou descarga atmosférica, o SETD-PRD formula pergunta ao usuário sobre a existência de pára-raios de baixa tensão instalados na rede secundária de distribuição. Em caso de resposta positiva, ocorre o indeferimento do pedido de ressarcimento de danos devido ao rompimento do nexa causal (Tabelas 9 e 10 da Seção 2.3.4). Em caso de resposta negativa, o SETD-PRD formula a pergunta referida anteriormente.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "SETD-PRD - Sistema Especialista para Tomada de Decisão - Ressarcimento de Danos". O formulário contém os seguintes dados:

Nome do Consumidor:	Sr. Um Dois Três de Oliveira Quatro
Número da Unidade Consumidora:	1234567890
Endereço da Unidade Consumidora:	Av. Borges de Medeiros, 659
Município da Unidade Consumidora:	Porto Alegre
Concessionária de Distribuição:	CEEE-D
Número do Processo:	000000-39.00/07-X

Abaixo dos dados, há uma lista de perguntas:

- Qual é o tipo de equipamento danificado?
- Qual é o tipo de dano sofrido pelo equipamento?
- Quantos dias após a ocorrência do dano o pedido foi formulado?
- Quantos dias úteis após a formulação do pedido ocorreu a inspeção?
- Quantos dias após o pedido a concessionária informou a decisão?
- Ocorreu perturbação na rede na data e horário reclamados?
- Onde ocorreu perturbação na rede de distribuição?
- Qual a perturbação do sistema de distribuição?
- Qual o tipo de equipamento danificado?
- Qual é o módulo defeituoso no equipamento eletrônico?
- A concessionária utiliza pára-raios de baixa tensão na rede secundária?
- Cabe alguma destas excludentes de responsabilidade da concessionária?

Na base da janela, há um menu suspenso com o texto "Culpa exclusiva do consumidor" selecionado, e um botão "OK". O menu suspenso está aberto, mostrando as seguintes opções:

- Culpa exclusiva do consumidor
- Fato exclusivo de terceiro
- Caso fortuito ou força maior
- Nenhum desses

Figura 17 – Pergunta sobre excludentes de responsabilidade.

As regras utilizadas na implementação deste grupo encontram-se no Apêndice A desta monografia, no trecho de programa iniciado pelo comentário "Grupo 7 - Excludentes de responsabilidade da concessionária".

A Figura 18 mostra a janela de diálogo gerada, quando a análise do grupo-7 conclui pelo deferimento do pedido de ressarcimento de danos.

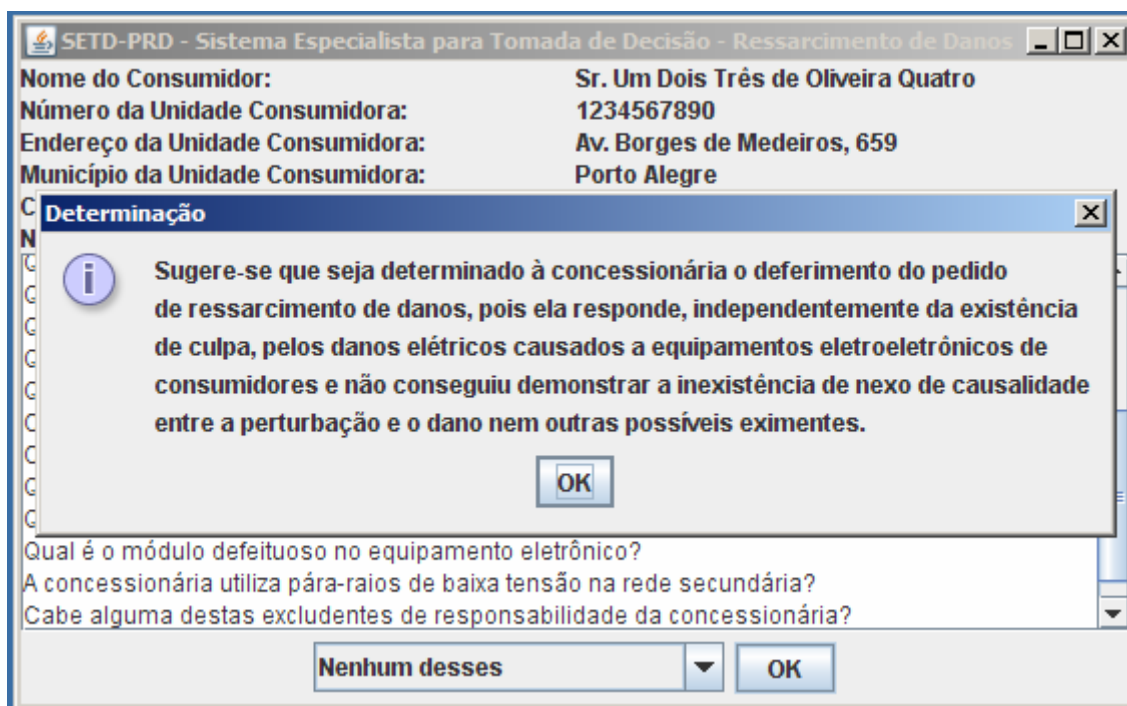


Figura 18 – Janela de Diálogo com determinação à concessionária para deferimento do pedido de ressarcimento de danos.

4.5 TESTES REALIZADOS NO PROTÓTIPO

Conforme Friedman-Hill (2003-a, p. 24), a aplicação de testes rigorosos a cada estágio de desenvolvimento de um sistema torna-o mais robusto, mais modular e melhor entendido do que um sistema que tenha sido testado somente ao final do processo de seu desenvolvimento.

A linguagem JESS facilita a adoção desse procedimento durante o desenvolvimento do aplicativo. Deste modo, esse procedimento foi adotado durante todo o processo de desenvolvimento do SETD-PRD.

No início do desenvolvimento, o segmento-1, que contém a base de conhecimentos, foi programado com poucas regras, somente com o objetivo de testar o segmento-2 e o segmento-3. Quando esses dois últimos segmentos estavam funcionando adequadamente, foi iniciado o desenvolvimento da base de regras do segmento-1 baseado no conhecimento sobre ressarcimento de danos descrito no Capítulo 2 desta monografia.

A base de conhecimentos foi construída com o procedimento de incremento de uma regra por vez, com teste imediato. Além disso, procurou-se seguir a ordem dos sete grupos do segmento-1, com realização de teste completo ao final de cada grupo.

Quando o protótipo ficou concluído, foram realizados diversos testes com base em casos concretos tratados na AGERGS, com resultados corretos.

4.6 SUGESTÕES PARA MELHORIAS DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Propõe-se que, na continuação do desenvolvimento do SETD-PRD, sejam implementadas as seguintes características nessa ferramenta computacional:

1) possibilidade de salvamento, a qualquer momento, do estado do programa, utilizando-se um arquivo para cada pedido sob análise;

2) possibilidade de buscar o estado do programa, que foi salvo anteriormente, para dar continuidade à análise de um determinado pedido;

3) verificação pelo programa do cumprimento dos prazos estabelecidos na Res. ANEEL nº. 61/2004 para formulação do pedido de ressarcimento de danos, inspeção do equipamento danificado e resposta da concessionária ao consumidor com base nas datas fornecidas;

4) colocação da resposta fornecida pelo usuário, na janela do programa, junto ao texto da pergunta formulada;

5) possibilidade de mudança de respostas dadas pelo usuário a partir de uma determinada pergunta: nesse caso, todas as respostas posteriores àquela alterada teriam que ser respondidas novamente, pois as perguntas formuladas são dependentes das respostas anteriores;

6) geração pelo SETD-PRD de uma minuta de parecer técnico ao final da análise de um pedido de ressarcimento de danos;

7) aumentar a granularidade da base de conhecimentos: por exemplo, para um televisor com defeito, o usuário seleciona, na versão atual, “equipamento eletrônico”, e, numa versão futura, poderia selecionar diretamente “televisor”; o programa realizando internamente a classificação do televisor na categoria equipamento eletrônico;

8) possibilidade de tratar de mais de um equipamento danificado em uma mesma análise;

9) passagem da base de conhecimentos para ambiente web, de modo que todos os usuários do SETD-PRD utilizem a mesma base de conhecimento..

5 CONCLUSÃO

A elaboração de uma ferramenta computacional para assistir os reguladores da ANEEL e das Agências Estaduais conveniadas na análise sobre pedidos de ressarcimento de danos é justificada por diversas razões, entre as quais se ressaltam a expressiva demanda desses pedidos, a complexidade da análise de cada um deles, a necessidade de uniformizar as decisões tomadas entre as diversas agências e a criação de uma memória de casos analisados.

A ferramenta computacional adequada para esta finalidade é um sistema especialista baseado em conhecimento, pois a metodologia adotada na ANEEL e nas Agências Estaduais conveniadas na análise dos pedidos de ressarcimento de danos é semelhante à modelagem dos sistemas especialistas baseados em conhecimento. Desta forma, implementou-se um protótipo baseado nessa tecnologia com o objetivo de avaliar o uso dessa ferramenta atuando como assistente do regulador. Os testes realizados com o protótipo demonstraram sua compatibilidade com as decisões tomadas pelas agências em todos os casos analisados.

A implementação desse protótipo requereu, principalmente, a construção da base de conhecimentos do sistema especialista, através de programação em linguagem própria.

Essa programação foi precedida da elaboração de uma descrição resumida do conhecimento oriundo da Engenharia Elétrica, das diretrizes da ANEEL e da legislação aplicável ao ressarcimento de danos, em especial o Código de Defesa do Consumidor e a Resolução ANEEL nº. 61/2004.

A base de conhecimentos do protótipo, em decorrência do modo de sua construção, pode evoluir com facilidade, pois a inserção de novos conhecimentos na base é executada de forma incremental.

Finalmente, é importante salientar que a ferramenta desenvolvida não se limita apenas ao domínio proposto no presente trabalho, uma vez que, devido à sua forma modular de programação e à possibilidade de substituição da base de conhecimentos, poderá ser adotada em outros setores regulados, de modo a promover a eficiência administrativa das agências reguladoras, quer pela otimização de seus recursos humanos, quer pela qualificação de suas decisões.

APÊNDICE A - LISTAGEM DO PROGRAMA SETD-PRD