CHRISTIANO HENRIQUE CARRILHO LOPES DA SILVA

Especificação da arquitetura de um middleware para disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle da CTEEP

Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Especialista em Tecnologia da Informação

São Paulo
2002

Aos meus pais, Helena e Alencar, pelo amor incondicional, pela minha formação pessoal e apoio nos momentos difíceis de minha vida.

Dedico a vocês as realizações e conquistas desse momento de minha vida.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por fazer-me enxergar que há um Poder Superior acima de mim, e Nele poder confiar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Luis Risco Becerra pelas diretrizes seguras, seu permanente incentivo e senso de humor.

Ao meu Prof. Mr. Dante L. Tantalean, sempre prestativo no fornecimento de materiais para pesquisa deste trabalho.

Aos meus companheiros da CTEEP, Paulo Roberto, Antonio Carlos Campos, Éderson, Edison Fonseca, Alci, Antonio Carlos Santoni e Daniel Nara, pela constante troca de conhecimentos e fornecimento de material de pesquisa deste trabalho.

Aos meus gerentes Segoshi e Edivaldo, pelo confiança, desafios e oportunidade concedida.

Ao presidente da CTEEP, Prof. Dr. Sidnei Colombo, por essa grande oportunidade de crescimento profissional concedida.

Ao meu grande amigo Paulo Alexandre Damasceno, pelo companheirismo e pelas discussões sobre a vida que sempre nos fizeram crescer pessoal e profissionalmente.

E a todos que de qualquer forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário

Lista de Figuras

Resumo

Este trabalho tem por finalidade propor um modelo de integração dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle, distribuídos nos Centros de Operação, com o ambiente computacional corporativo da CTEEP.

O modelo visa estabelecer uma camada de interoperabilidade (middleware) entre a rede computacional dos Centros de Operação e a rede computacional corporativa da empresa para a troca de informações de forma segura e confiável.

Este modelo será especificado utilizando-se o padrão ODP (Open Distributed Processing) sob o contexto dos pontos de vista ODP da empresa, da computação e da engenharia.

Na representação do modelo proposto serão utilizados os diagramas de Caso de Uso, de Classes e Implantação da linguagem UML (Unified Modeling Language).

1. Introdução

Nas décadas de 60 e 70 reinavam absolutos os mainframes e os grandes CPD's, com processamento centralizado, e arquiteturas proprietárias. Havia a total dependência entre a aplicação e o hardware, não havendo a menor possibilidade da simples troca de dados entre instalações diferentes.

Na década de 80 ocorre marcante revolução tecnológica na microeletrônica, que possibilitou a fabricação dos microprocessadores e microcomputadores. Na área de software surgem os sistemas multiúsuario e multiprocessamento, e sofisticados softwares para gerenciamento de telecomunicações.

Nessa mesma época, inicia-se um movimento para a descentralização operacional do processamento de dados, o qual passa a ser realizado de forma distribuída e em alguns casos em tempo real.

No início da década de 90 explode a Internet e com ela a necessidade da interoperabilidade entre plataformas heterogêneas em ambiente distribuído, e junto o crescimento da utilização de um novo paradigma, a orientação a objetos, muito bem empregado para o desenvolvimento de aplicações em um ambiente heterogêneo.

A Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, inserida nesse cenário de mudanças e avanços tecnológicos, passou também por marcantes transformações em seu ambiente computacional.

A migração de plataformas de hardware, e conseqüentemente de softwares, necessárias para dar suporte ao novo modelo de arquitetura computacional distribuída, houve escolhas de diferentes soluções para funções similares gerando um sistema de informação distribuído e heterogêneo, que por necessidades corporativa, agora precisam interagir-se.

Não foi apenas no ambiente computacional que a empresa mudou, resultante da cisão da Companhia Energética de São Paulo – CESP e ELETROPAULO, a CTEEP ficou responsável pelo transporte de energia elétrica por todo o Estado de São Paulo, dando origem a uma nova empresa, com um novo modelo organizacional e único contexto de negócio.

E para auxiliar nesta tarefa, a empresa possui quatro Centros de Operação interligados por uma rede de computadores, os quais têm a responsabilidade de coordenar, supervisionar e controlar as operações realizadas ao longo dos 11.589 km de linhas de transmissão sob sua responsabilidade.

Hoje a CTEEP conta com uma grande rede de aquisição de dados em tempo real automatizada pelo Sistema de Supervisão e Controle – SSC, o qual garante o processo de armazenamento dos dados históricos da Operação do Sistema Eletroenergético.

E para manter-se competitiva em seu negócio surge a necessidade da disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle – SSC em uma base de dados corporativa, que servirá para a integração dessa valiosa fonte de dados com outros sistemas corporativos.

E o que se espera dessa disponibilização, é a possibilidade da formação de um novo modelo de sistemas de informação que auxilie na identificação de novas oportunidades para criar estratégias e produtos para ajudar em tomadas de decisões gerenciais, na disseminação dessas informações dentro da companhia e demais empresas do Setor Elétrico.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por finalidade propor um modelo para a disponibilização dos dados históricos da Operação através da especificação de uma camada de interoperabilidade para a comunicação e cooperação entre os aplicativos envolvidos.

1.1 Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação do Modelo de Referência ODP (Reference Model of Open Distributed Processing) da ISO (Internacional Organization for Standardization) na abstração de um modelo para integração de sistemas distribuídos.

Será especificado um middleware utilizando-se o padrão ODP segundo os conceitos e o modelo previsto pelos pontos de vista ODP da empresa, computação e engenharia.

O ponto de vista da empresa auxiliará no entendimento do negócio da empresa sob o contexto da Operação do Sistema Elétrico, e os pontos de vista da computação e engenharia na caracterização e interação dos elementos do middleware proposto.

Na representação do middleware será utilizada a linguagem UML (Unified Modeling Language) da OMG (Object Management Group).

A abrangência deste objetivo é formar uma camada de interoperabilidade que permita a integração do Sistema de Supervisão e Controle, distribuído nos Centros de Operação, com o ambiente computacional corporativo da CTEEP.

1.2 Motivação

A principal motivação desse trabalho é disponibilizar os dados históricos da operação do Sistema Elétrico, preciosa fonte de informação que poderá ser integrada ao ambiente corporativo de informações da empresa, cooperando para melhorar as decisões gerenciais, tendo como aspecto fundamental o contexto do negócio da empresa.

Com a disponibilização dos históricos da Operação do Sistema Elétrico, um número cada vez maior de funcionários da empresa, de acordo com seu nível de atuação, poderá ter acesso às análises das ocorrências do Sistema Elétrico. Portanto, a disseminação dessas informações contribuindo para criação de um sistema de gestão de conhecimento é outra fonte de motivação.

Outra fonte de motivação é a pesquisa em torno da utilização do padrão ODP no desenvolvimento de middleware aplicado para integração de plataformas computacionais heterogêneas de forma transparente, flexível e produtiva de acordo com os interesses do usuário final, o que impõe a necessidade de especificações abertas com interfaces padronizadas e públicas.

Outra fonte de motivação é o desafio profissional que levou o autor desse trabalho em interessar-se no desenvolvimento de um modelo de integração de Sistemas de Supervisão e Controle aos demais Sistemas de Informação, que contribuirá para a divulgação de novas tecnologias objetivando o aumento do nível profissional e tecnológico da empresa e da comunidade em geral.

1.3 Justificativa

Os dados históricos da Operação do Sistema Eletroenergético são de importância relevante, pois fornecem informações de tendências de curto, médio e longo prazo das grandezas elétricas, auxiliando na conservação da segurança do Setor Elétrico, planejamento da operação e expansão da rede de transmissão de energia elétrica do Estado de São Paulo e sudeste brasileiro.

Por isso, surge a necessidade do intercâmbio de informações dentro da própria empresa e entre empresas cooperantes do Setor Elétrico, criando

uma justificativa para a realização deste trabalho, e com isso, a expectativa em alcançar os resultados esperados com a conclusão e implantação da solução proposta.

A definição de uma infra-estrutura transparente que esconda a complexidade da interoperabilidade entre os diversos elementos do modelo de disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle cria outra justificativa da importância desse trabalho.

E para isso, é imprescindível a utilização de um padrão que normaliza os conceitos necessários para o processamento distribuído, e por isso, o padrão ODP será adotado para especificar a arquitetura do middleware.

1.4 Metodologia

Para a realização deste trabalho e com o objetivo de gerenciar o processo evolutivo de seu desenvolvimento visando atingir as metas pré-determinadas e a qualidade esperada, foi utilizada uma metodologia com as seguintes atividades definidas a seguir:

- Pesquisa preliminar: identificação e seleção de informações, que vão desde artigos e livros, referentes aos temas abordados. Essa atividade é realizada ao longo do processo de desenvolvimento do trabalho;

- Estruturação da revisão literária: levantamento e transcrição da literatura referente à formação da proposta de solução do problema apresentado. Esta atividade se resume em dar uma visão geral dos conceitos e modelos das tecnologias abordadas neste trabalho;

- Especificação da arquitetura: modelagem do projeto de um software de interoperabilidade baseado no padrão ODP, segundo os cinco pontos de vista, utilizando a metodologia UML para a caracterização dos

componentes do middleware de acordo com o levantamento dos requisitos do sistema;

1.5 Abrangência

O escopo deste trabalho estará restrito ao contexto definido pelo projeto de disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle em uma base de dados corporativa da CTEEP.

A modelagem da arquitetura do middleware de integração será sob os pontos de vista da empresa, computacional e engenharia, definidos no padrão ODP.

2. Conceitos

Este capítulo apresenta uma revisão literária abordando os assuntos pesquisados que servirão como subsídios para a realização e entendimento da solução proposta neste trabalho.

2.1 Middleware

Em um ambiente computacional distribuído, constantemente movimentamos dados entre aplicações; acessamos redes locais; comunicamos com servidores remotos e autenticamo-nos em servidores WEB.

Sob o ponto de vista da arquitetura computacional necessária para suportar nosso relacionamento com esse ambiente, seria incompreensível como diferentes protocolos se comunicam sob plataformas distribuídas com interfaces heterogêneas.

A primeira coisa que se imagina, é a existência de algum mecanismo e artifício que consigam traduzir nossa interação com esses "mundos" diferentes, ou seja, um dispositivo de transferência de dados que providencie os serviços de comunicação e suporte às diferentes aplicações e diferentes linguagens de programação.

Para isso, existe uma categoria de produtos ou módulos de software que são utilizados estabelecer a comunicação entre aplicações, tentando esconder para o usuário a complexidade existente desse ambiente computacional.

São chamados de middleware, que possibilitam a independência de tecnologia e de fornecedores no que se refere a sistemas operacionais, protocolos de comunicação, sistemas gerenciadores de banco de dados e hardware.

Então, middleware é uma camada lógica entre o sistema operacional e a aplicação que provê suporte ao processamento distribuído através de um conjunto de serviços, permitindo a interoperabilidade entre aplicações apesar das diferenças de protocolos de comunicação, arquiteturas de sistemas, sistemas operacionais, base de dados e outros serviços, como mostra a Figura 1.2.

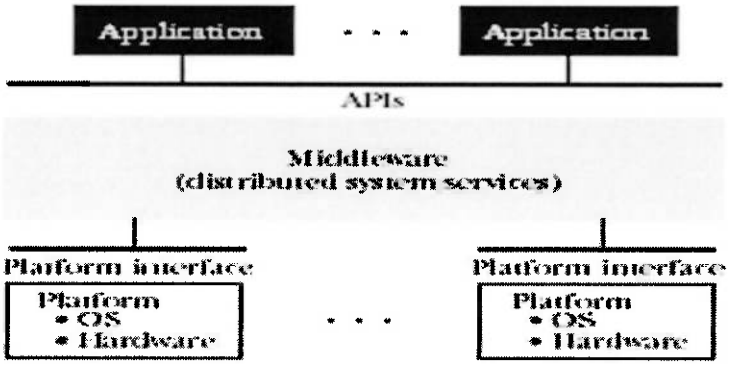

Figura 1.2 *Middleware*

A regra básica de um middleware é gerenciar a complexidade e heterogeneidade de uma infra-estrutura distribuída, e através disso, fornecer um ambiente mais amigável tanto para os desenvolvedores de aplicações como para os usuários finais [Campbell-99].

Dependendo do propósito ao qual será aplicado, hoje há uma variedade enorme de categorias de middleware no mercado. Vão desde transportadores de dados (adaptadores e gateway), RPC (Remote Procedure Call), gerenciamento de pedidos de objetos, orientados a mensagens e monitores de transação.

2.1.1 Principais elementos da arquitetura de um middleware

Para uma solução completa de um middleware é preciso considerar, pelo menos, como parte de sua arquitetura os seguintes elementos: link de comunicação, protocolo de comunicação do middleware, API, os dados,

servidor de controle dos processos, serviços de nomes e diretórios, segurança e administração.

Alguns desses elementos citados acima são considerados como parte da infra-estrutura de rede e não do middleware, porém fazem parte dos serviços da arquitetura de um middleware.

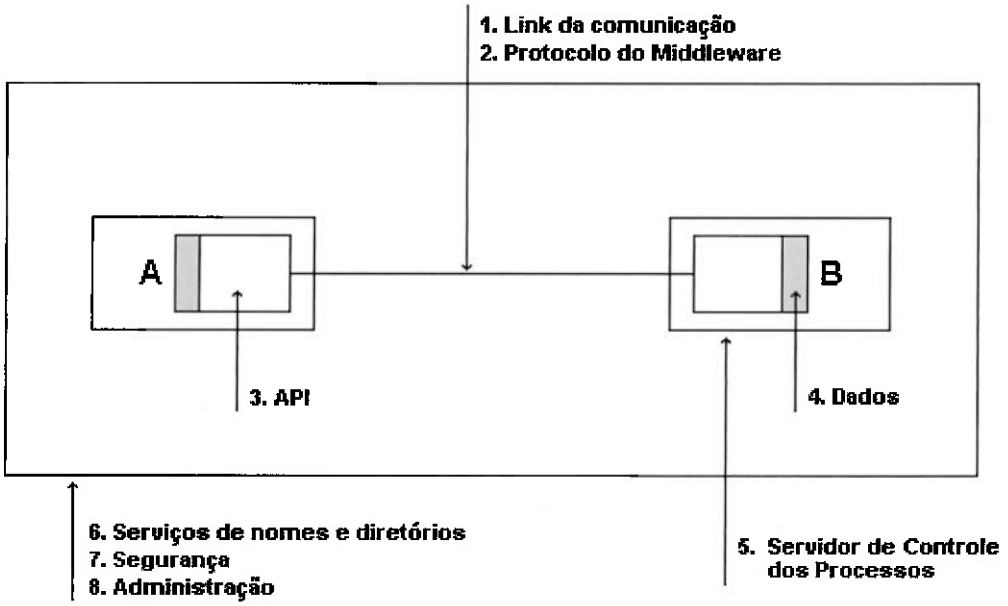

Figura 2.2 *Elementos básicos de um middleware*

Conforme a Figura 2.2, A e B são máquinas diferentes interagindo através dos serviços de um canal de comunicação. Ambas as máquinas estão inseridas num completo ambiente de sistemas distribuídos, como mostra o quadro maior, e o qual pode ser composto de plataformas de hardware e software heterogêneas.

Link da comunicação

O link de comunicação permite que computadores compartilhem recursos dentro de uma rede e maioria são baseados em algum padrão de rede de comunicação.

O padrão dominante no mercado tem sido o TCP/IP que é composto por um conjunto de protocolos divididos em camadas com serviços específicos e cooperativos entre as elas.

Dentre os serviços os principais são: serviço de entrega de mensagens, conversão de nomes para endereços IP, conexão remota a outro computador e transferência remota de arquivos entre computadores.

Protocolo do Middleware

Como todo protocolo, é a definição formal das regras que possibilitam efetivamente, o processo de comunicação entre computadores. Para isso, deve ser definidos o formato da mensagem que irá trafegar no link de comunicação e o diagrama de mudança de estado.

O protocolo deve também definir quem começa a troca de mensagens, como encerrar a comunicação quando a troca de mensagens finalizar, como assegurar que ambos os lados da conversação estão falando do mesmo assunto e como agir no caso de falhas.

API (Application Programmatic Interface)

A API é um conjunto de procedimentos usados pelas aplicações na execução e condução das tarefas realizadas. Para a camada do middleware, a API é fundamental para estabelecer um padrão de comunicação para que plataformas computacionais heterogêneas interajam-se.

Há uma grande variação nos tipos de API que pode ser:

- Orientadas a objetos ou tradicional;

- Pode ser drivers para gerenciamento de transações, como por exemplo, ODBC.

- API para aplicações específicas. Nesse caso, deve ser compilada e faz-se necessário o uso de uma IDL (Interface Definition Language) ou equivalente.

- Pode ser baseada em operação, como por exemplo, CORBA.

- Pode ser baseada em linguagem, como por exemplo, SQL.

Dados

São as mensagens que serão trocadas entre o transmissor e receptor, as quais, são e struturas de dados que devem ser d e conhecimento entre os envolvimentos no processo de troca de mensagens.

Essa estrutura facilita na divisão em partes que correspondam aos valores dos dados esperados. Hoje o XML tem sido muito usado como padrão de representação dos dados.

Servidor de Controle

O servidor de controle faz o gerenciamento das requisições de execução das tarefas a serem realizadas pelo middleware.

O controle dos processos é realizado quando o primeiro cliente envia a primeira mensagem, e para aliviar a carga do servidor no controle dos processos, são executados processos adicionais ou threads.

Auxilia também na indicação do caminho para transferência de pacotes dos dados entre servidores e gerenciamento das conexões com banco de dados.

Outra característica é o gerenciamento de objetos, ativando ou desativando-os quando invocados.

Serviços de nomes e diretórios

O serviço de nomes faz a troca do número do endereço IP para um nome conhecido, por ser mais fácil para os usuários guardar o nome de um domínio do aquele monte de números que por algum motivo pode ser trocado a qualquer instante. Para esse tipo de serviço pode-se usar o DNS (Domain Name Service).

O serviço de diretórios disponibiliza algumas facilidades na procura de referências de qualquer assunto. Normalmente esse procura pode ser pelo nome ou por alguma propriedade (atributo) do que se deseja fazer referência. Para esse tipo de serviço pode-se usar o Microsoft Active Directory and Netware Directory Services (NDS).

Segurança

São mecanismos utilizados para garantir que apenas usuários autenticados e válidos são permitidos para ter acesso e uso dos recursos disponibilizados.

E uma vez conectados poderão também ter acesso limitado aos serviços disponíveis a ele.

A segurança deve ser difundida em todas as partes do sistema para garantir a integridade e confiabilidades das informações.

E mecanismos como autenticação do usuário, criptografia no nível de protocolo, auditoria e ferramentas administrativa, podem auxiliar para que se consiga atingir um bom nível de segurança.

Administração

Seria de extrema importância o uso de uma ferramenta que possibilite o controle operacional, permitindo a depuração de erros, monitoramento da carga do sistema e controle de configuração do ambiente.

2.1.1. Tecnologias para implementação de middleware

Quando falamos em implementar aplicações distribuídas, existem várias tecnologias que, dependendo do seu tipo e natureza, devem ser consideradas. A seguir, uma visão geral de algumas dessas tecnologias oferecidas pelo mercado:

RPC ou RFC (Remote Procedure ou Function Call)

Esse padrão é um mecanismo de comunicação que permite clientes fazer chamadas de procedimentos em servidores remotos como se fossem chamadas de procedimento local.

Seria como chamar uma função implementada em uma biblioteca que esteja em uma máquina diferente, fazendo a execução parecer feita localmente.

É utilizado o serviço de diretório para conectar-se a um servidor remoto de interesse em tempo de execução e, além disso, fazer uso dos serviços de segurança para garantir os níveis de autenticação, autorização, integridade e privacidade.

O mecanismo RPC isola o cliente das complexidades do ambiente computacional heterogêneo (plataforma de hardware e SO, apresentação dos dados e protocolos de rede). Dessa forma faz com que programas distribuídos trabalhem de forma transparente.

DCE (Distributed Computing Environment)

Constituído por um conjunto de serviços que podem ser usados separadamente, ou em combinação, para formar um ambiente de computação distribuída mais fácil de ser compreendido, sem expor as complexidades físicas do ambiente.

Esses serviços essenciais são: serviços de segurança, autenticação, autorização, integridade, privacidade, serviços de diretório (CDS), serviço de tempo distribuído e serviços de threads.

O DCE é extremamente escalável, permitindo dividir grandes ambientes em unidades gerenciáveis independentes.

ANSA (Advanced Network Systems Architecture)

O projeto ANSA é uma implementação do modelo de referência ODP (Open Distributed Processing). Definido e normalizado pela ISO, permite a interoperabilidade entre aplicações e, também o compartilhamento de informações entre instituições de forma automática e transparente.

O modelo de referência ODP é um conjunto de abstrações que descreve a estrutura do sistema distribuído sob cinco pontos de vista: empresa, informação, computacional, engenharia e tecnologia.

A norma ODP especifica um conjunto de conceitos e padrões visando a modelagem de sistemas distribuídos e abertos complexos.

Não há uma preocupação com a forma de se implementar sistemas distribuídos, a abordagem principal do modelo ODP, é como aplicações possam ser portáveis e como alcançar facilmente a interoperabilidade.

De forma estruturada, o modelo de referência ODP, através de um conjunto de modelos auxilia na especificação de uma arquitetura que mascare a complexidade de uma infra-estrutura computacional heterogênea.

Veremos mais detalhes do modelo de referência ODP no capítulo 2.2 Norma ODP (Open Distributed Processing).

Java/RMI

Java é uma linguagem de programação que é caracterizada por sua portabilidade, robustez, segurança, suporte a programação distribuída, e amplos recursos para o desenvolvimento de aplicações multimídia.

Garante uma quase perfeita portabilidade no desenvolvimento de aplicações em ambientes heterogêneos, sendo muito utilizada para implementar middleware que façam a comunicação entre clientes, banco de dados e outros recursos de servidores.

A linguagem Java está disponível num conjunto de componentes podendo ser utilizada na implementação de sistemas embutidos para equipamentos portáteis, computadores de bordo, e outros dispositivos.

Além disso, possui um conjunto interfaces de programação de aplicação para o desenvolvimento de sistemas distribuídos e abertos, de forma a facilitar a interoperabilidade entre aplicações em um ambiente computacional heterogêneo.

O suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas na primeira versão do JDK (Java Development Kit) era através de programação de sockets TCP/IP, bem rudimentar. Recentemente apresentado, o RMI (Remote Method Invocation), suportando a execução de componentes remotamente.

O RMI é uma extensão do núcleo da linguagem e depende de muitos aspectos do Java, tais como: serialização, portabilidade, definições de interfaces Java, entre outros.

DCOM (Distributed Component Object Model)

O DCOM oferece, basicamente, um serviço de localização de objetos através de invocação estática e dinâmica. O DCOM utiliza o DCE RPC (Chamada Remota ao Procedimento DCE) para interações entre objetos.

Esse padrão oferece algumas facilidades como Interface Definition Language (IDL), Object Definition Language (ODL) e Object Services, além das facilidades da tecnologia COM, que aliada ao DCE RPC, oferecem a locação e invocação dos objetos remotamente. É baseado na filosofia de orientação a objetos, utilizando o conceito de interface, através de IDL.

Vale ressaltar que o DCOM é uma tecnologia da proprietária Microsoft e que somente está disponível para os sistemas operacionais Windows, e que a idéia da interoperabilidade entre plataformas heterogêneas fica prejudicada.

CORBA

Em reconhecimento ao desafio de conseguir a integração e comunicação de maneira transparente entre diferentes plataformas de hardware, sistemas operacionais e linguagens de desenvolvimento.

A OMG (Object Management Group) em conjunto com um consórcio de mais de 800 companhias de diferentes áreas, interessados em prover uma estrutura comum para o desenvolvimento independente de aplicações, usando técnicas de orientação a objeto, desenvolveu em 1991 a primeira versão do CORBA.

Na sua primeira versão, definia-se somente como seria a interação entre os objetos de diferentes fabricantes através da criação de uma linguagem de definição de interfaces, a IDL (Interface Definition Language), e as interfaces programáveis de aplicações, as API's (Application Programming Interfaces).

E, a partir da implementação de sua segunda versão em 1994, que introduziu o Internet Inter-ORB Protocoll (IIOP), o CORBA definiu-se como uma solução definitiva para a interoperabilidade entre objetos de diferentes plataformas ou padrões específicos, mantendo-se como uma tecnologia flexível e estáve.

Com uma arquitetura que provê uma estrutura para integração entre objetos diferentes, a tecnologia CORBA é a componente chave de uma arquitetura ainda maior chamada OMA (Object Management Arquitecture), também desenvolvido pelo OMG.

O OMA é a referência dos modelos de interface que caracteriza a interação entre os objetos num ambiente computacional heterogêneo. Seus principais componentes são: Object Request Broker (middleware central que intermedia a comunicação entre os objetos), Serviços de Objetos, Facilidades Comuns e Interface de Domínios.

Hoje há um esforço muito grande para que o CORBA se estabeleça como padrão de fato para o desenvolvimento de aplicações distribuídas.

O capítulo seguinte apresenta uma visão geral do modelo de referência ODP (Open Distributed Processing) que pode ser utilizada para a implementação da arquitetura de middleware.

2.2. Norma ODP (Open Distributed Processing)

Com a distribuição dos sistemas de informação, movimento que se intensificou na década de 90, o processamento distribuído de dados deu origem, em muitos casos, a diferentes soluções para os mesmos problemas, gerando dificuldades de integração entre plataformas computacionais heterogêneas e conseqüentemente o fluxo descontínuo da informação.

Pensando em solucionar os problemas de integração entre aplicações, em 1988 a ISO (Internacional Organization for Standardization) e a ITU (Internacional Telecommunication Union), deu início a criação de uma norma para o desenvolvimento de soluções que permitam a interoperabilidade entre elementos heterogêneos que compõem um sistema de informação.

2.2.1. V isão Geral

O principal objetivo da padronização ODP é suportar a criação de sistemas distribuídos e abertos, onde exista interoperabilidade entre diversos sistemas, sejam sistemas ODP, ou sistemas proprietários ou outros sistemas padronizados do mercado [Becerra-98].

Para a implementação de sistemas segundo o contexto ODP é necessário o uso de padrões de fato e de júri para garantir bons níveis de portabilidade e interoperabilidade dentro do sistema, tornando-o aberto.

Com isso, o sistema permitirá o acoplamento de novos recursos, absorver novas tecnologias e configurações sem muitas conseqüências. Além disso, garante a integração com diferentes domínios.

Garantir a independência dos módulos existentes com o encapsulando dos serviços, interfaces bem definidas e a implementação de mecanismos

simples de comunicação entre eles, são requisitos fundamentais também na implementação de um Sistema ODP.

Outra característica da implementação é permitir o gerenciamento dos seus elementos para possibilitar novas configurações, qualidade dos seus serviços e o atendimento das regras de negócio estabelecidas, e com isso, garantir a qualidade do comportamento do sistema.

Garantir a confiabilidade e privacidade na utilização dos recursos e informações do sistema estabelecendo níveis de segurança, também são propriedades que devem ser consideradas na implementação.

Por fim, um sistema ODP deve ter a capacidade de mascarar os detalhes e diferenças das complexidades de integração e distribuição de sistemas distribuídos para os usuários e às aplicações envolvidas.

E para auxiliar a especificação do modelo de um sistema com essas características, a norma ODP disponibiliza uma estrutura que permite a criação de diversos tipos de padrões de diferentes maneiras.

A normatização ODP possibilita um alto nível de abstração dos elementos de um sistema distribuído, deixando aberta à forma de implementação da solução, dando condições para a criatividade e livre das constantes mudanças tecnológicas.

O modelo de referência ODP está organizado e dividido em quatro documentos ou normas que são:

- Recomendação ITU-T X.901 | ISO/IEC 10746-1 – Apresentação: dá uma visão geral do ODP quanto aos objetivos, justificativas e conceitos básicos. Este documento não é uma norma;

- Recomendação ITU-T X.902 | ISO/IEC 10746-2 - Fundamentos: contém os conceitos gerais e as estruturas básicas para se descrever um sistema distribuído de forma normalizada. Este documento é uma norma;

- Recomendação ITU-T X.903 | ISO/IEC 10746-3 - Arquitetura: contém as definições dos cinco pontos de vista. Este documento é uma norma;

- Recomendação ITU-T X.904 | ISO/IEC 10746-4 - Semântica Arquitetural: contém a formalização dos conceitos básicos da modelagem definidos na norma anterior.

Para poder entender e aplicar o modelo de referência ODP é necessário à compreensão dos fundamentos ODP, que são conjuntos de conceitos organizados em categorias que são: conceitos primários, conceitos para modelagem, conceitos para especificação, conceitos para arquitetura e conceitos para conformidade.

Esses conceitos podem ser aplicados para:

- Implementação de qualquer tipo de modelagem;

- Elaboração de arquiteturas para sistemas ODP;

- Especificação dos requisitos a serem considerados em sistema ODP;

- Definição dos diversos aspectos dos sistemas distribuídos e da distribuição computacional;

- Apresentação de processos e mecanismos que garantam a implementação de sistemas em conformidade com especificação da norma ODP.

2.2.2. O s Pontos de Vista

Os pontos de vistas são os principais elementos da estrutura do modelo de referência ODP, que são os pontos de vista da empresa, da informação, da engenharia, da computação e da tecnologia.

O objetivo dos pontos de vista são para dar um tratamento adequado e poder manipular as informações geradas n a e specificação de um sistema distribuído, os quais podem ser entendidos de diferentes aspectos, e serem utilizados como: representação da abstração do sistema, ferramenta de projeto, ciclo de vida do projeto e organização do projeto de um sistema distribuído.

Entretanto, não existe uma estratégia formalizada para a utilização dos pontos de vistas. Deve-se levar em conta o contexto do sistema a ser projetado e fazer a adequação dos pontos de vista para o problema a ser solucionado. Muitas vezes nem todos os pontos de vistas são utilizados, o que ocorre, é a definição de uma ordem de importância entre os pontos de vista.

Ponto de Vista da Empresa

O ponto de vista da empresa abrange os requisitos básicos do sistema considerando o contexto da empresa o qual deverá funcionar, dando uma perspectiva do modelo de negócio que pode ser entendido como as necessidades dos usuários, procedimentos, processos e funções regulamentos pelas políticas internas da empresa e políticas de inter-relacionamento com entidades externas.

Ponto de Vista da Informação

O ponto de vista da informação define os estados ou mudanças de estados da informação de acordo com o contexto do negócio da empresa, o propósito de distribuição e a forma de processamento das informações.

Ponto de Vista da Computação

O ponto de vista da computação define os componentes básicos representados pelos aplicativos distribuídos, as interfaces computacionais que são definidas para a realização de serviços, interação entre os objetos do sistema e o tipo de conexão para execução dessas tarefas.

Neste ponto de vista também pode ser tratado questões de concorrência, sincronização, replicação, tecnologias e produtos existentes para dar suporte à computação distribuída.

Ponto de Vista da Engenharia

O ponto de vista da engenharia define a infra-estrutura de distribuição dos objetos do sistema voltada para a comunicação entre eles. São caracterizados os mecanismos, funções e estruturas que viabilizam a interação e otimização do gerenciamento dos objetos do sistema, e nisso pode incluir as definições das chamadas remotas de procedimentos, serviços de tolerância à falhas, adaptadores e protocolos de comunicação, entre outros serviços.

Ponto de Vista da Tecnologia

O ponto de vista da tecnologia são realizadas a seleção dos produtos e tecnologia para a implementação do sistema ODP, bem como, testes de

verificação e adaptação da implementação do sistema em relação à especificação da arquitetura que dará o suporte.

Apesar da especificação ser independente da tecnologia, e a norma ODP oferece essa possibilidade, esse ponto de vista é de grande importância para analisar a estratégia e critérios de seleção para a identificação dos recursos de hardware e software necessários, levando-se em conta o projeto a ser implementado.

2.2.3. Transparências

O modelo de referência ODP oferece, além dos pontos de vista para a especificação dos elementos e estrutura de um sistema distribuído, outros requisitos para a integração e cooperação.

Denominado de transparências distribuídas, o objetivo desses elementos são esconder dos usuários e sistema as complexidades dos serviços oferecidos pela distribuição e integração dos elementos da arquitetura heterogênea de um sistema distribuído.

Os requisitos de transparência definidos pelo modelo de referência ODP são os seguintes:

- Acesso: esconde os detalhes das diferenças de representação e conversão de dados, e a invocação de serviços entre objetos;

- Falha: esconde os detalhes de eventuais falhas do sistema, contemplando mecanismo de tolerância a falha;

- Localização: esconde os detalhes da localização de nomes e endereços dos objetos no sistema;

- Migração: esconde os detalhes possíveis mudanças de localização dos objetos no sistema;

- Relocalização: esconde os detalhes das mudanças de localização das interfaces;

- Replicação: esconde a existência cópias de objetos tratando-os como único;

- Persistência: esconde os detalhes da ativação ou desativação de um objeto do sistema;

- Transacional: esconde os detalhes da coordenação das transações realizadas entre objetos. As transações podem ser classificadas pela propriedade de atomicidade, consistência, separação e durabilidade;

Para auxiliar a implementação de uma transparência, o padrão ODP disponibiliza quatro categorias de funções que tem a finalidade de estruturar as transparências distribuídas.

As funções do modelo de referência ODP são serviços básicos necessários para dar suporte a implementação de sistemas ODP. Essas funções identificam os requisitos para os serviços de infra-estrutura, dando suporte à distribuição das transparências, gerenciamento dos nós, gerenciamento da comunicação, entre outros [Putman-2001].

As funções ODP estão dividas em funções de gerenciamento, funções de coordenação, funções dos repositórios e funções de segurança.

2.3. Uso da norma ODP na especificação de middleware

Com a distribuição do processamento das informações tornou-se necessário o uso de soluções que facilitam a interação entre os diversos sistemas definindo uma camada lógica para a comunicação e troca de dados entre eles.

A camada lógica de interação entre aplicativos, denominada de middleware, provê um conjunto de elementos estruturados que atuam de forma cooperativa e transparente para garantir a integração entre aplicações.

O modelo de referência ODP disponibiliza um conjunto de abstrações que facilitam a decomposição da complexidade dos sistemas usados para interoperabilidade entre plataformas computacionais heterogêneas e distribuídos.

Por isso, a normatização ODP auxilia na especificação das diferentes regras e necessidades resultantes das diferentes visões de um sistema de informação. Não são necessários o entendimento e uso de todos os detalhes da norma ODP, apenas os conceitos básicos e regras.

O modelo de referência ODP, através dos pontos de vista pode-se identificar os elementos de um middleware e como eles devem se interagir. E das funções ODP, os requisitos dos serviços da infra-estrutura que suportará as transparências distribuídas.

Então, é possível com o uso da norma ODP especificar os elementos e serviços que deverão ser implementados na arquitetura de um middleware, e mascarar a complexidade que há por trás dos ambientes computacionais distribuídos e heterogêneos.

A disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle na rede corporativa da CTEEP será realizada através de uma camada lógica de interoperabilidade, e a norma ODP auxiliará na decomposição da infra-estrutura computacional das aplicações envolvidas e na transparência do trabalho cooperativo entre seus elementos.

O capítulo seguinte apresenta uma visão geral de como é realizado o processo de Operação do Sistema Elétrico da CTEEP.

3. Visão geral do modelo de Operação do Sistema Elétrico da CTEEP

Toda a operação do sistema de elétrico da CTEEP é coordenada a partir de Centro de Operação do Sistema (COS), localizado na subestação de Bom Jardim, em Jundiaí, e dos Centros Regionais de Operação (CRO), localizados em Bauru, Cabreúva e São Paulo.

Para atender às necessidades de supervisão e controle das empresas de geração existem os Centros Regionais de Operação da Geração instalados em Jupiá, Chavantes e Bariri, os quais, estão interligados ao Centro de Operação do Sistema (COS).

Então, para garantir uma operação segura e confiável, e manter uma alta disponibilidade do Sistema Elétrico, a CTEEP dispõe de um Sistema Informatizado de Supervisão e Controle que tem como principal funcionalidade o sistema SCADA (Supervisory and Control and Data Acquisition).

O SCADA do Sistema de Supervisão e Controle da CTEEP disponibiliza os serviços de supervisão e controle, aquisição de dados, base de dados de tempo real, lista de alarmes, controle de tag's e controle de senhas.

A aquisição dos dados é feita através das Unidades de Terminais Remotas (UTR) instaladas nas subestações da CTEEP e nas Unidades Geradoras parceiras no fornecimento de energia elétrica.

Todos os dados processados são armazenados numa base de dados de tempo real denominada Historiador que são informações de tendências das grandezas elétricas de curto, médio e longo prazo. A disponibilização desses dados na Rede Corporativa da CTEEP será o objeto de estudo deste trabalho.

O processamento do Sistema de Supervisão e Controle é feito através de uma rede privativa de área estendida (WAN) da CTEEP, possibilitando a integração em tempo real entre o COS e os Centros Regionais de Operação, além da troca de informações com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) que está situado em Brasília, como mostra a figura 1.3

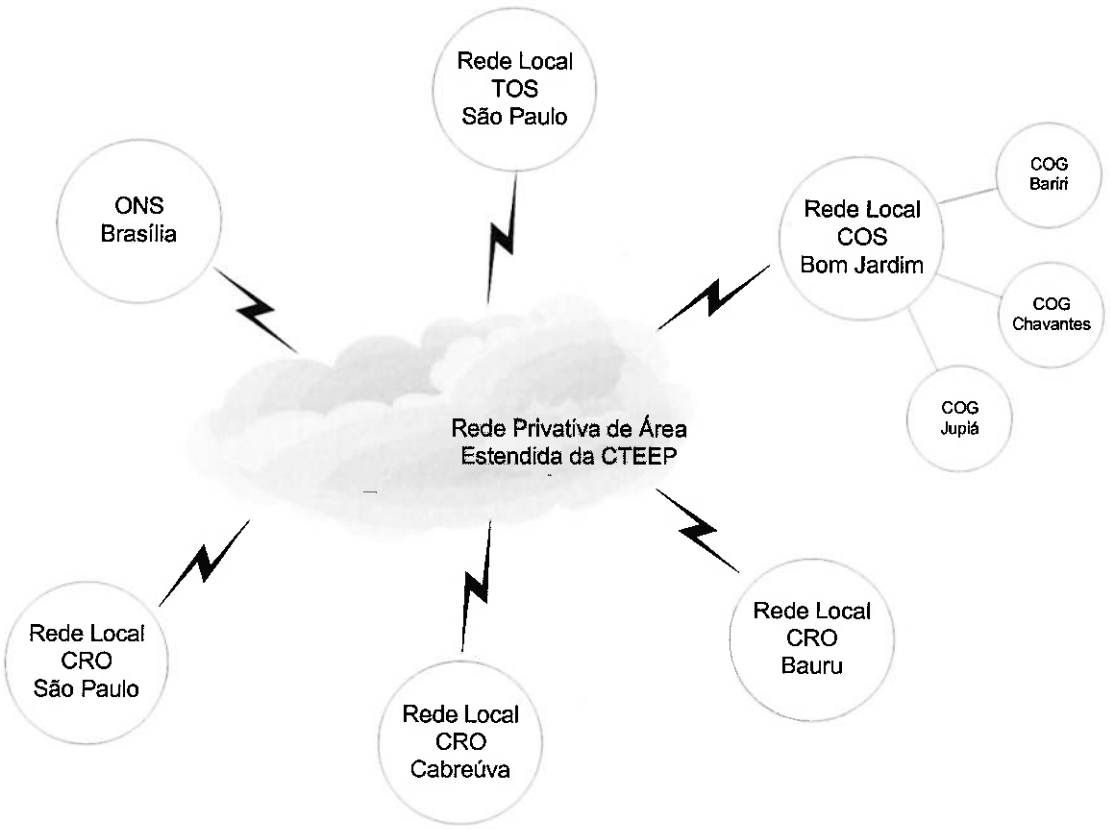

Figura 1.3 *Arquitetura do Sistema de Supervisão e Controle da CTEEP*

Operando paralelamente ao Sistema de Supervisão e Controle, CTEEP mantém um Sistema de Supervisão Alternativo (SSA) com o objetivo de suprir uma eventual degradação ou falha do sistema principal.

Embora seja contingência do sistema principal de supervisão e controle, toda aquisição de dados em tempo real também processada pelo Sistema de Supervisão Alternativo.

O Sistema de Supervisão Alternativo foi projetado para supervisionar e controlar áreas de operações menores e está distribuído nos Centros de Operação da CTEEP (CRO Bauru, CRO Cabreúva, CRO São Paulo e COS Bom Jardim).

O Sistema de Supervisão Alternativo é software SCADA orientado a objetos e tem processamento distribuído e aberto, facilitando sua interoperabilidade com outros sistemas corporativos da empresa, levando em conta que o sistema principal de Supervisão e Controle trata-se de uma aplicação proprietária.

A especificação da camada lógica de interoperabilidade entre o Sistema de Supervisão e Controle e a Rede Corporativa da CTEEP, será sob o contexto da arquitetura do Sistema de Supervisão Alternativo pela sua flexibilidade.

O capítulo seguinte apresenta a especificação da arquitetura do middleware que disponibilizará os dados históricos da Operação do Sistema Elétrico na rede corporativa da CTEEP, segundo o modelo de referência ODP.

4. Proposta da arquitetura do experimento

Este capítulo apresenta o modelo da arquitetura de um middleware que dará suporte à camada lógica de interoperabilidade entre as aplicações envolvidas na disponibilização dos dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle na Rede Corporativa da CTEEP.

4.1. Implementação

O modelo da arquitetura do middleware será implementa sob o contexto da norma ODP, segundo o ponto de vista da empresa, ponto vista da computação e o ponto de vista da engenharia.

Além disso, serão utilizadas as funções ODP na implementação das transparências necessárias para o gerenciamento da comunicação e interoperabilidade entre os sistemas envolvidos.

Para a representação do modelo da arquitetura do middleware serão utilizados os diagramas da UML de Caso de Uso, Classes e Implantação.

4.1.1 Modelo segundo o ponto de vista da empresa

Neste ponto de vista ODP, foram representados os aspectos dos ambientes de negócio utilizando o conceito de *comunidade*, o qual o middleware atuará para disponibilizar os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle, dando o escopo da solução proposta.

E para isso, foram identificados os diversos processos de negócio, suas atividades e as políticas que regulamentam essas atividades.

Então, foram identificados dois ambientes de negócio representando contexto sob o qual middleware proposta funcionará, os procedimentos realizados pelos objetos empresas identificados e políticas que regulamentam esses ambientes e os processos de negócio. (figura 1.4).

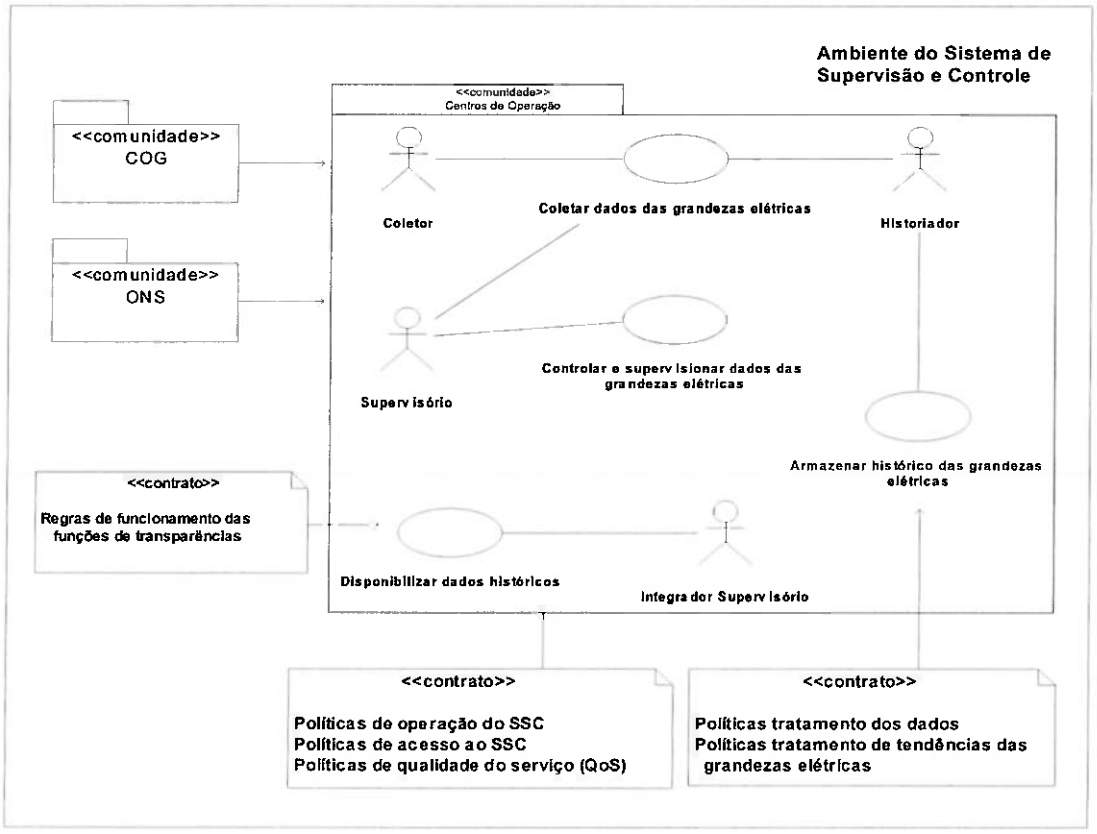

Figura 1.4 *Ambiente do Sistema de Supervisão e Controle segundo o ponto de vista da empresa*

O *Ambiente do Sistema de Supervisão e Controle* mostra os aspectos do processo de operação do sistema elétrico realizado pela CTEEP, e para representá-lo foi usado o diagrama de caso de uso da UML.

Desse ambiente, a comunidade *Centro de Operação* que junto com seus objetos empresa identificados, serão os primeiros elementos a constituir a arquitetura do middleware proposto.

A comunidade *Centro de Operação* executa os processos de aquisição das grandezas elétricas em tempo real, supervisão e controle do sistema elétrico e o armazenamento do histórico dos dados coletados, conforme figura 4.1.

O objeto empresa *Integrador Supervisório* será o principal elemento do middleware, o qual executará as funções de transparência para disponibilizar os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle na Rede Corporativa.

As políticas estão definidas no *Contrato de Ambiente* que regulamenta o funcionamento do Sistema de Supervisão e Controle da CTEEP e sua operação; *Contrato do Historiador* que define as regras de tratamento e classificação dos dados a serem armazenados; e o *Contrato das Funções ODP* define as regras dos serviços que serão prestados pelo middleware para garantir a transparência no processo de interoperabilidade.

As comunidades ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) e COG (Centro de Operação da Geração) interagem com o Sistema de Supervisão e Controle, porém não influenciarão na definição da arquitetura do middleware.

O segundo ambiente identificado a fazer parte da arquitetura do middleware é o *Ambiente da Rede Corporativa*. Nele está representado o contexto o qual os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle ficarão replicados

e disponíveis para acesso dos níveis gerencial e executivo da empresa, e para a integração com outros sistemas corporativos, por exemplo, Gestão Empresarial e Sistema de Gerenciamento e Planejamento da Manutenção (figura 2.4).

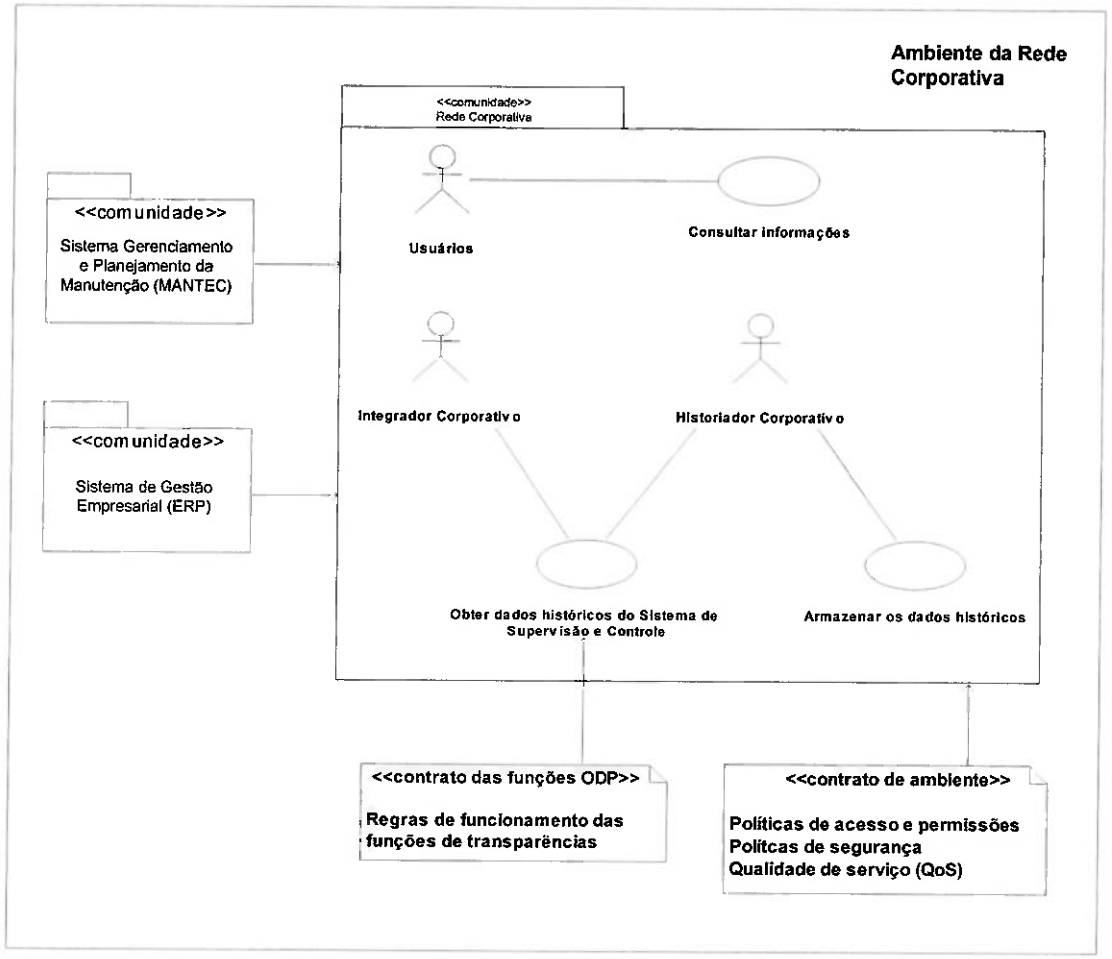

Figura 2.4 *Ambiente da Rede Corporativa segundo o ponto de vista da empresa*

Desse ambiente, a comunidade *Rede Corporativa* que junto com seus objetos empresa identificados, completarão os elementos da arquitetura do middleware proposto.

O objeto empresa *Integrador Corporativo* será outro principal elemento do middleware, o qual executará as funções de transparência da

interoperabilidade para obter os dados históricos do Ambiente do Sistema de Supervisão e Controle.

As políticas desse ambiente estão definidas no *Contrato de Ambiente* que regulamenta as regras de acesso e permissões dos usuários da empresa, bem como, a política de segurança e qualidade de serviço (QoS); e o *Contrato das Funções ODP* define as regras dos serviços que serão prestados pelo middleware para garantir a transparência no processo de interoperabilidade.

As comunidades Sistema de Gerenciamento e Planejamento da Manutenção e Sistema de Gestão Empresarial poderão interagir com esse ambiente para integrar-se aos dados históricos disponíveis na rede corporativa.

Porém, o objetivo principal desse trabalho é propor a disponibilização das informações da Operação do Sistema Elétrico no Ambiente da Rede Corporativa.

Portanto, as comunidades *Centro de Operação* e *Rede Corporativa* constituem a arquitetura do middleware, e seus objetos empresa definidos segundo este ponto de vista ODP (figura 3.4), devem em conjunto, fornecer os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle para a sua disponibilização no ambiente corporativo da CTEEP.

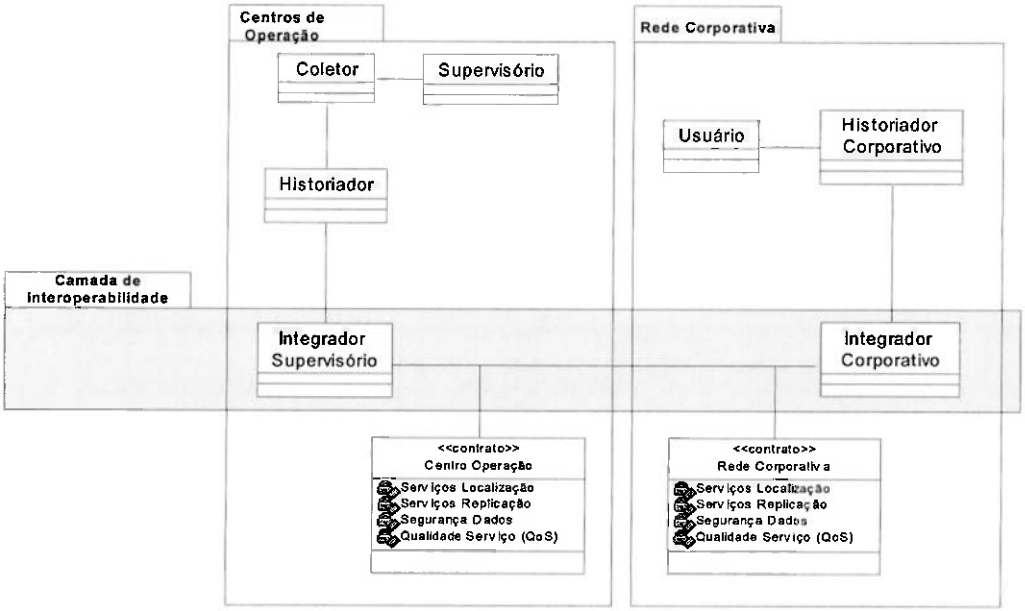

Figura 3.4 *Arquitetura do middleware segundo o ponto de vista da empresa*

4.1.2 Modelo segundo o ponto de vista da computação

Neste ponto vista ODP a representação da arquitetura do middleware foi feita através do diagrama de classes da UML.

A principal preocupação desse modelo é mostrar a interação entre os objetos computação da camada de interoperabilidade da arquitetura do middleware proposto neste trabalho (figura 4.4).

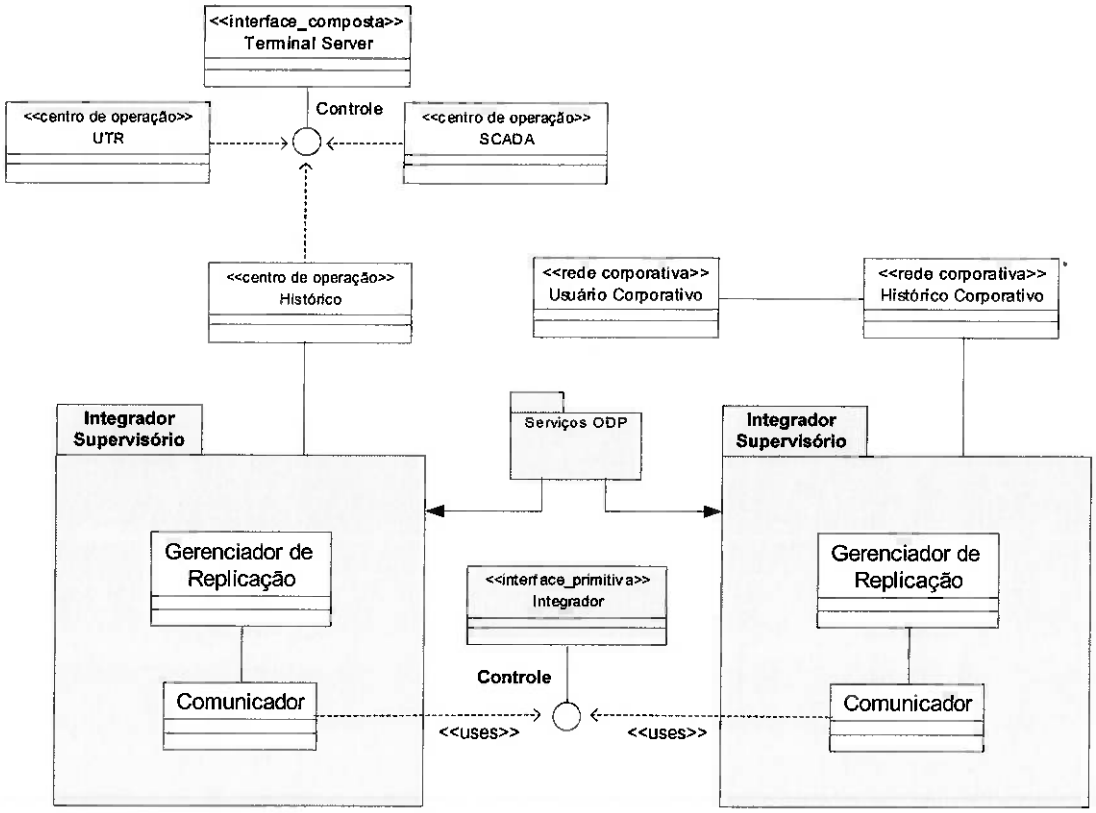

Figura 4.4 *Arquitetura do middleware segundo o ponto vista da computação*

A interação entre objetos computação *Integrador Supervisório* e *Integrador Corporativo* ocorre através de uma interface de fluxo, pois haverá uma troca contínua de informações em intervalos de tempo pré-estabelecidos em contrato firmado no ponto de vista da empresa.

A interligação entre as interfaces será através de um objeto conexão explícita primitiva denominada *Integrador*, pois os objetos computação *Integrador Supervisório* e *Integrador Corporativo* possuem interfaces do mesmo tipo com estruturas compatíveis.

O objeto computação Comunicador deste diagrama implementa as funcionalidades de segurança do objeto empresa *Integrador Supervisório* e *Integrador Corporativo* e informa os valores limites da qualidade de serviço para o objeto conexão *Integrador*.

O objeto Gerenciador de Replicação deste diagrama deverá coletar os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle processados no Centro de Operação e transmiti-los para a sua replicação que será efetuada pelo objeto correspondente da rede corporativa.

4.1.3 Modelo segundo o ponto de vista da engenharia

A representação da arquitetura do middleware, feita através do diagrama de implantação da UML, neste ponto vista preocupa-se em viabilizar a comunicação entre os objetos computação.

No middleware proposto neste trabalho, são identificados dois nós: *Centro de Operação e Rede Corporativa*. Cada um destes contém seu processador e seu sistema operacional individual representado através de seu núcleo, o qual é responsável pelo gerenciamento dos recursos locais de cada sistema (figura 5.4) [Ferreira-02] [ISO-98].

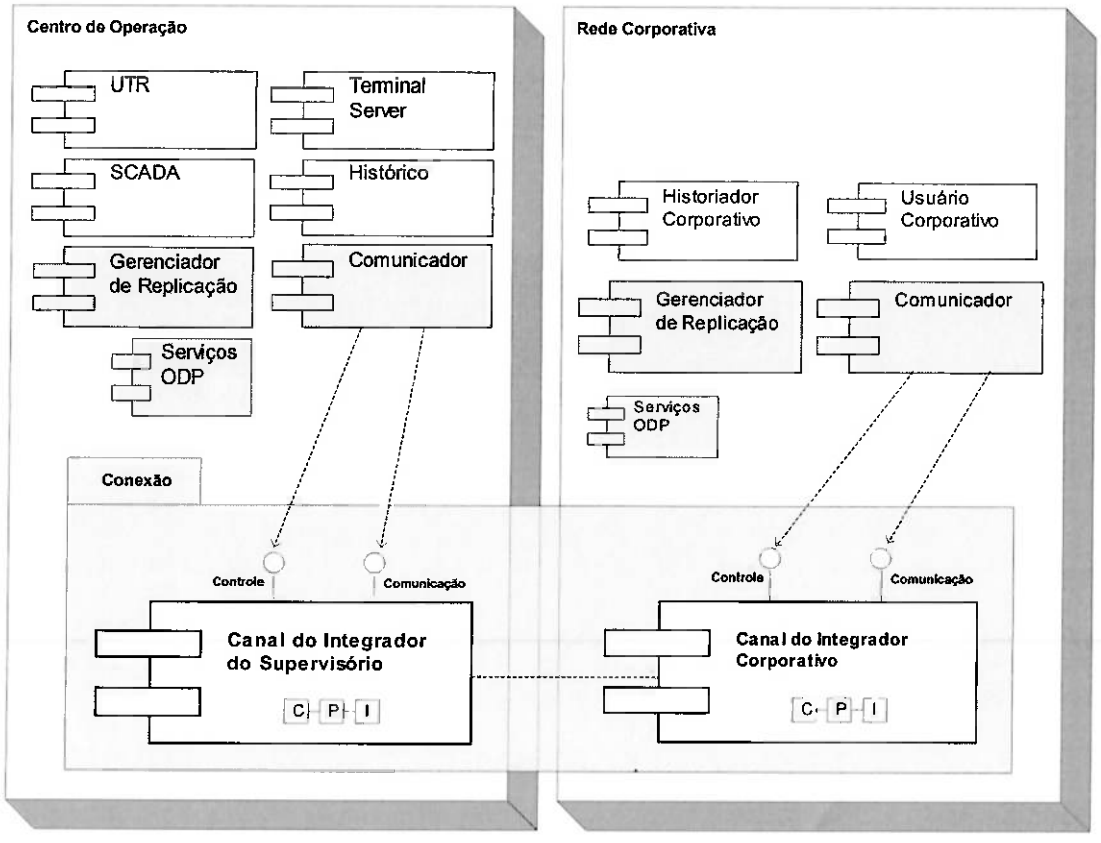

Figura 5.4 *Arquitetura do middleware segundo o ponto de vista da engenharia*

Para a camada de interoperabilidade do middleware, os objetos engenharia do canal ODP definidos para prover a comunicação entre os Ambientes do

Centro de Operação e Rede Corporativa são os objetos engenharia conector e protocolo e um objeto engenharia auxiliar, o interceptor.

O objeto engenharia adaptador não foi definido porque as interfaces do objeto computação *Integrador Supervisório* e *Integrador Corporativo* são do mesmo tipo e compatíveis.

O objeto *conector* (C) mantém a integridade ponto-a-ponto do canal, resolvendo problemas de distribuição; o objeto *protocolo* (P) provê a comunicação entre os objetos do tipo *conector* servidos, com a qualidade e confiabilidade requeridas, e o objeto *interceptor* (I) é utilizado para compatibilizar requerimentos técnicos existentes entre dois nós como a conversão de protocolos, o controle de acesso, a compressão de dados ou a utilização de mecanismos de criptografia. [Ferreira-02]

As funções dos serviços de transparências são implementadas através do objeto engenharia Serviços ODP.

5. Conclusões

A realização deste trabalho foi o primeiro passo para disponibilizar as informações do Sistema de Supervisão e Controle para o ambiente corporativo da CTEEP, e o início para a elaboração de produtos para dar suporte na tomada de decisões de acordo com a perspectiva e dinâmica do negócio da empresa.

O uso do modelo de referência ODP através dos pontos de vista e das funções de transparências na especificação da arquitetura do middleware proposto, garantiu a consistência deste trabalho.

O padrão ODP auxiliou na definição dos elementos da infra-estrutura que dará suporte ao middleware proposto e a identificar as restrições e dificuldades inerentes no projeto de sistema distribuído e aberto.

O uso do padrão ODP deu a flexibilidade para a abstração de um modelo do negócio da empresa, facilitando o entendimento do processo de Operação do Sistema Elétrico, bem como, uma visão geral de como pode ser implementada a infra-estrutura de comunicação para a interação dos Centros de Operação com a rede corporativa da CTEEP.

Pode-se aprimorar a especificação feita neste trabalho para o desenvolvimento de um sistema de informação que além de disponibilizar os dados históricos do Sistema de Supervisão e Controle, possibilite a interação com outros sistemas da empresa, tais como, o Sistema de Gestão Empresarial (ERP) e Sistema de Planejamento e Gerenciamento da Manutenção.

Com a realização deste trabalho, pôde ser constatado que a implementação de uma infra-estrutura computacional que suporte um sistema distribuído engloba muitos aspectos que tornam difícil a definição dos requisitos.

A adoção de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas que aliada ao uso da norma ODP, poderá tornar simples a manipulação dos requisitos do sistema, desde a sua especificação até a implementação.

Esta constatação torna-se imprescindível para o aprimoramento do modelo proposto neste trabalho, a fim de torná-lo uma especificação completa.

Cabe ressaltar, que hoje na CTEEP está sendo implementado o Sistema de Supervisão Alternativo, o qual está possibilitando o desenvolvimento do histórico da Operação do Sistema Elétrico utilizando tecnologias de padrões abertos, podendo ser o caminho para a viabilização deste trabalho como uma proposta de um projeto.

6. Referências Bibliográficas

[Becerra-98] Becerra, J. L. R. ***Aplicabilidade do Padrão de Processamento Distribuído e Aberto nos Projetos de Sistemas Abertos de Automação***. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

[Ferreira-02] Ferreira, C. L. P; Becerra, J. L. R. ***Maestro: Um Middleware para Suporte a Aplicações Distribuídas Baseadas em Componentes de Software.*** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. 2002.

[Bernstein-96] Bernstein, P. ***Middleware: A Model for Distributed System Services***. Communications of the ACM – Vol. 39, N° 2, Fev/1996.

[ISO-98] ISO Recommendation X.902/ISO/IEC ***10746-2: Information technology – Open Distributed Processing – Reference Model: Overview.*** 1998.

[Riccioni-00] Riccioni, P. R. ***Introdução a Objetos Distribuídos com CORBA.*** Visual Books, 2000.

[Britton-01] Britton, C. ***IT Architectures and Middleware – Strategies for Building Large, Integrated Systems.*** Addison Wesley, 2001.

[Putman-01] Putman, J. R. ***Architecting with RM-ODP.*** Prentice Hall PTR, 2001.