

# Pesquisa e Desenvolvimento de Modelo Padronizado de Objetos de Dados para Integração de Aplicações de uma Concessionária de Energia Elétrica

C. A. S. Penin; W. Sybine; V. A. P. B. Oliveira, C. M. Matayoshi e F. C. S. Cerdan

**Resumo** - Este artigo apresenta a metodologia utilizada em um projeto de pesquisa que estudou os padrões mundiais de troca de informações na área de transmissão e distribuição de energia elétrica, permitindo definir o estado da arte do tema. Consideraram-se as tecnologias já adotadas pela AES Eletropaulo, e foram definidas as especificações necessárias para a elaboração de um modelo de integração de dados adaptável às redes aéreas radiais de distribuição presentes na área de concessão da empresa. O projeto desenvolveu uma camada intermediária de conectividade baseada em CIM que permite que os sistemas corporativos possam conversar de forma padronizada, através do uso de tecnologias integradoras. Foram modelados todos os principais objetos de uma rede elétrica, de forma aberta, extensível e não proprietária, em um modelo que contém os atributos e relacionamentos destes objetos. Os produtos especializados de cálculo e de planejamento adotados pela empresa foram integrados à camada tecnológica implementada.

**Palavras-chave** — Modelo Padronizado de Informações; Cálculos Elétricos; CIM (Common Information Model); Integração de Aplicações; Barramento de Serviços; Web Services.

## I. INTRODUÇÃO

A metodologia utilizada no projeto de pesquisa estudou os padrões mundiais de troca de informações na área de transmissão e distribuição de energia elétrica, permitindo definir o estado da arte do tema e também como utilizá-lo em consonância com as tecnologias adotadas pela AES-Eletropaulo.

Foram pesquisadas as especificações necessárias para a geração de um modelo de integração de dados adaptável às redes aéreas radiais de distribuição presentes na área de concessão da empresa [1], apoiando-se em padrões internacionais para interface entre sistemas, permitindo formatar as informações de forma extensível e conectável com tecnologias abertas, de forma pioneira para as necessidades e padrões específicos das redes brasileiras.

A interface entre sistemas, considerando tanto os sistemas corporativos quanto os sistemas especializados de cálculos elétricos desenvolvidos pela Daimon, possui um custo que pode ser minimizado com estratégias de integração convenientes. Considerando a existência de vários sistemas corporativos, a criticidade da integração e da conectividade entre esses sistemas, a definição por uma semântica específica para o setor elétrico foi uma importante meta atingida pelo projeto. A estratégia utilizada foi a definição e utilização de um modelo de informação conhecida por CIM - Common Information Model, criado pelo EPRI - Electric Power Research Institute, normatizado pelo IEC - International Elec-

trotechnical Commission, e mantido pelo CIMug – Grupo de Usuários do CIM [2].

## II. PREPARAÇÃO DO TRABALHO

O projeto desenvolveu uma camada intermediária de conectividade baseada no Common Information Model conhecido internacionalmente como CIM, que permite que os sistemas corporativos possam se comunicar de forma padronizada, através do uso de tecnologias integradoras.

Assim, foram modelados todos os principais objetos de uma rede elétrica, de forma aberta, extensível e não proprietária, em um modelo de classes que contém os atributos e relacionamentos destes objetos. O modelo foi desenvolvido em consonância com as principais iniciativas conhecidas, e apoiado em padrões mundiais para interface entre sistemas, formatando as informações de forma extensível e conectável com tecnologias abertas, porém desenvolvido de forma pioneira para as necessidades e padrões das redes brasileiras.

Foram analisados e tratados aspectos referentes à sincronia e a disponibilização de dados na camada de integração, as bases da conectividade onde foram integrados os módulos de cálculos elétricos [3] e o sistema GIS (Geographic Information System) [4], sendo disponibilizada referência para que a Empresa possa ampliar esta tecnologia para seus demais sistemas como, por exemplo: sistemas de medição, sistemas de faturamento, sistemas de gestão, outros sistemas de cálculos, etc.

Os produtos de cálculo elétrico e de planejamento da distribuição utilizados pela empresa [3] foram integrados à camada tecnológica definida, tornando obsoletos os antigos extratores, pois agora os insumos de cálculo são providenciados pela camada de integração.

A eliminação de extratores traz como benefício direto a garantia de procedência da informação além de eliminar armazenamentos locais de dados. Também contribuiu com a melhoria na performance e diminuiu os esforços e custos de integração e interoperabilidade.

O escopo proposto no projeto é uma prova de conceito que poderá ser estendida a outros aplicativos no futuro. Para os sistemas legados da empresa, será necessária a adaptação e migração, utilizando a experiência acumulada durante a elaboração do projeto.

### III. MODELO COMUM DE DADOS – OPÇÕES AVALIADAS

Existem diversas opções de modelos elétricos de dados no mercado. Quando se restringe a modelos abertos e não proprietários, as opções se limitam. Como parte do projeto de P&D, foram estudados os principais Modelos existentes no mercado, e a escolha recaiu pelo modelo mais completo, de tecnologia mais atual e que está se tornando padrão de mercado, garantindo estabilidade e continuidade nos desenvolvimentos propostos e contribuindo para as políticas futuras da empresa. Os modelos estudados e confrontados foram: MultiSpeak da NRECA, PSAD/DSAD da EPRI e CIM da EPRI. A seguir apresenta-se uma breve análise de cada alternativa.

#### A. NRECA – MultiSpeak

Desenvolvido pela National Rural Electric Cooperative Association (NRECA) no final da década de 90, o modelo MultiSpeak é uma especificação de software desenvolvida para atender empresas elétricas de pequeno porte, como as cooperativas elétricas [5]. A NRECA é constituída por mais de 1.000 cooperativas-membro, presentes em 47 estados norte-americanos.

O objetivo desse modelo é automatizar os processos e as trocas de informação entre os aplicativos das cooperativas e entre as cooperativas. Apesar de ter sido desenvolvido para empresas elétricas norte-americanas de pequeno porte, o modelo MultiSpeak demonstra potencial para atender também empresas de grande porte de qualquer nacionalidade.

A especificação do MultiSpeak auxilia empresas elétricas e fornecedores de tecnologia a desenvolverem interfaces de forma que produtos (softwares) de diferentes fornecedores possam inter-operar sem exigir desenvolvimentos extensos e custosos.

Os moldes desta especificação vêm de um acordo entre os fornecedores de tecnologia envolvidos, quando foi especificada a modelagem de objetos utilizada na integração de diferentes aplicações do setor elétrico. A especificação define interfaces padronizadas entre as aplicações comumente utilizadas nas cooperativas e oferece orientações sobre como os fornecedores devem implementar essas interfaces visando a integração dentro das cooperativas. No quesito qualidade, é mantido um programa de software independente para testes que afere os produtos (softwares) fornecidos dentro das especificações vigentes.

Mais do que definir um modelo de dados comum e compreensível que fornecedores de tecnologia devem obedecer, a metodologia envolvida no MultiSpeak se preocupa em definir interfaces. Essa abordagem permite aos desenvolvedores escrever e manter interfaces que comutam informações com as estruturas nativas de suas aplicações. Essas conversões podem ser efetuadas por tecnologias baseadas em XML e esses pacotes de dados são transportados como men-

sagens pré-definidas.

A aplicação receptora é responsável por desempacotar a mensagem, analisar o XML e tomar as devidas providências com os dados recebidos, similar ao proposto por uma aplicação baseada em SOAP.

A abordagem adotada pelo MultiSpeak limita um pouco o escopo de “integração”. Qualquer sistema que requeira acesso direto a bases nativas, como instruções formatadas em SQL, ou acesse o banco de dados via conectividade ODBC, não será encarado como objetivo do MultiSpeak.

A especificação MultiSpeak foi projetada de modo que os detalhes de uma interface não variem substancialmente, independentemente dos requisitos da aplicação. Mudanças de um fornecedor de software não devem exigir mudanças na interface do outro fornecedor.

#### B. EPRI – PSAD / DSAD

Iniciativa patrocinada pelo IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) em meados de 1998, o grupo de trabalho Power Systems Analytical Data (PSAD) tinha por objetivo o desenvolvimento de um modelo analítico de dados para sistemas de potência. Para tanto, tomou uma abordagem dupla para o problema:

- O desenvolvimento de um dicionário analítico de dados para padronizar a terminologia dos sistemas de potência e;
- Desenvolver um formato de arquivo ASCII para suportar transferências de dados utilizando a terminologia padrão.

Já o grupo de trabalho Distribution System Analytical Data (DSAD), também uma iniciativa IEEE baseada no PSAD e datada do mesmo período, definia um dicionário de dados analítico para sistemas de distribuição, aberto à utilização de tecnologias derivadas de XML e COM/CORBA para suportar e efetuar a transferência de dados. Isso envolveu um esforço muito maior de engenharia de software, representando um evidente avanço sobre o PSAD, que utilizava arquivos ASCII.

O DSAD estabelecia um dicionário para as grandezas envolvidas em cálculos de fluxo de potência, queda de tensão, curto circuito e outros cálculos similares, além de estabelecer regras de validação para as quantidades e ter interesse no planejamento de redes de distribuição.

Havia conflitos de unidade entre PSAD (que se utilizava de MW e MVA) e DSAD (que se utilizava de kW e kVA). O PSAD fazia uso extensivo de grandezas em PU (por unidade). Não havia compatibilidade na descrição de algumas impedâncias de equipamentos. O modelo de transformadores não era totalmente compatível com os conceitos do DSAD.

Os trabalhos do DSAD foram muito mais promissores de-

vido a sua preocupação com tecnologias atuais da engenharia de software. No início da década seguinte, ambos os grupos de trabalho foram encampados pelo IEC TC57 WG14, que resultou no CIM, que é a próxima ferramenta a ser analisada.

### C. EPRI CIM (IEC 61968 e IEC 61970)

CIM (Common Information Model) é um modelo de objetos e de troca de informações específico para o setor elétrico, englobando: transmissão, distribuição, geração, planejamento e mercado [6], [7].

As raízes do CIM se originam nos grandes blackouts norte-americanos dos anos 80 e 90. Em vários destes episódios, as dimensões destes blackouts poderiam ter sido minimizadas se o operador do sistema tivesse melhor informação das redes envolvidas.

A primeira implementação CIM ocorreu numa parceria da EPRI (Electric Power Research Institute) com a NERC (North American Electric Reliability Corporation) num projeto de pesquisa e desenvolvimento cujo objetivo era o intercâmbio padronizado de informações entre diversas empresas geradoras e fornecedoras e o operador do sistema [8].

Originalmente o modelo foi concebido para a transmissão elétrica, mas depois foi estendido para distribuição [9] e geração.

Os desenvolvimentos do CIM são efetuados pelo CIM Users Group [2], subordinado ao UCA International Users Group - uma entidade sem fins lucrativos mantida por empresas fornecedoras de eletricidade, gás e água (utilities), dedicada a promover a integração e a interoperabilidade dos sistemas destas empresas através do uso de normas internacionais de base tecnológica.

As primeiras versões do CIM correspondiam a esquemas de banco de dados. Somente em 1998, a partir do CIM 7, adotou-se uma modelagem orientada a objetos e o modelo passou a ser definido utilizando-se UML. CIM fundamenta-se em tecnologias como o XML (eXtensible Markup Language) e o RDF (Resource Description Framework) – este último um sub-conjunto XML utilizado para ontologias dentro da Web Semântica [10]-[13].

Existe um esforço mundial de padronização do CIM dentro do IEC (International Electrotechnical Commission) e em 2003 alcança padronização a partir das normas IEC 61968 e IEC 61970. O projeto alcançou escala global com a padronização IEC e possui uma abrangência muito mais ampla que a simples troca de informações. É utilizado por empresas elétricas em escala mundial, tanto para integração de sistemas quanto de processos. Firmou-se como o modelo mais desenvolvido e aceito para descrição de redes elétricas. Atualmente encontra-se na versão CIM 12 r2.

### D. Comparação entre as alternativas

No início dos anos 2000, os grupos de trabalho PSAD e DSAD da EPRI foram encampados pelo IEC TC57 WG14, que resultou no CIM. Assim, nossa comparação fica basicamente entre o CIM e o MultiSpeak.

Enquanto o CIM cobre transmissão, distribuição, geração, planejamento e mercado, o MultiSpeak está focado em distribuição.

Uma melhor base de comparação talvez se dê entre um sub-conjunto do CIM (representado pelas normas IEC 61968 do grupo de trabalho WG14) e o MultiSpeak, pois ambos possuem foco comum na troca de informações entre sistemas de distribuição.

O MultiSpeak foi concebido para atender as necessidades das cooperativas elétricas rurais dos Estados Unidos – que são todas pequenas distribuidoras elétricas, enquanto o CIM é destinado a toda e qualquer empresa do setor elétrico. O MultiSpeak tem um enfoque voltado para a interface de sistemas enquanto o CIM propõe um modelo bem mais amplo, que além de ser utilizado na interface pode também inferir na modelagem do sistema como um todo.

Ambos são modelos de informação, orientados a objetos, que definem classes. Ambos fazem uso de tecnologias derivadas de XML para intercâmbio e representação de dados. E ambos também fazem uso de Schemas XML para definir mensagens, bem como uso de substantivos e verbos para definição de mensagens (com vocabulários diferentes entre CIM e MultiSpeak).

Ambos fazem uso de GML - A Geography Markup Language (GML) que é a gramática XML definida pelo Open Geospatial Consortium (OGC) para expressar características geográficas.

A escolha recaiu sobre o CIM da EPRI pela escala global que vem alcançando, pela amplitude do seu modelo, bem como pela disponibilidade de suas normas IEC. A escolha atende plenamente aos objetivos do projeto e tem se consolidado como padrão internacional. A existência do grupo de usuários CIMug, um amplo fórum de discussão que tem contribuído decisivamente para o modelo, também contribuiu na escolha.

## IV. CIM: FUNDAMENTOS E CONTEÚDO

O CIM é definido utilizando-se técnicas de modelagem de dados orientada para objetos. As especificações do modelo são feitas em UML [14]-[17]. Estas especificações dividem o modelo em pacotes. Cada um destes pacotes contém um conjunto de classes, relacionamentos, diagramas de classes, além de outros pacotes. A seguir serão explorados cada um

destes pacotes que compõe o CIM.

#### A. Conjunto de Normas IEC 61968

O conjunto de normas IEC 61968 foi desenvolvido e é revisado pelo Comitê Técnico de TI para Sistemas de Potência da IEC (IEC TC57), Grupo de Trabalho 14: Sistemas de Interface para Gerenciamento da Distribuição (WG14).

O conjunto de normas IEC 61968 é composto pelas quatro normas a seguir, todas publicações com data de revisão prevista para 2009:

*IEC 61968-1 (2003-10): Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 1: Interface architecture and general requirements.*

*IEC/TS 61968-2 (2003-11): Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 2: Glossary.*

*IEC 61968-3 (2004-03): Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 3: Interface for network operations.*

*IEC 61968-4 (2007-07): Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 4: Interfaces for records and asset management.*

Este conjunto de normas define os aspectos de gerenciamento da distribuição do modelo. Identifica e estabelece requisitos de informação para interfaces padronizadas destinadas a Sistemas de Gerenciamento da Distribuição (DMS) tudo isso se baseando numa arquitetura de interfaces.

Em termos organizacionais do modelo de dados, estas normas são organizadas em seis pacotes de classes:

- Assets;
- Consumers;
- Core2;
- Documentation;
- ERP\_Support;
- Work.

#### B. Conjunto de Normas IEC 61970

O conjunto de normas IEC 61970 foi desenvolvido e é mantido/revisado pelo Comitê Técnico de TI para Sistemas de Potência da IEC (IEC TC57), Grupo de Trabalho 13: Energy management system application program interface (EMS - API) (WG13). O conjunto de normas IEC 61970 é composto atualmente por oito normas com data prevista de revisão para o ano de 2009:

*IEC 61970-1 (2005-12): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 1: Guidelines and general requirements.*

*IEC/TS 61970-2 (2004-07): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 2: Glossary.*

*IEC 61970-301 (2005-03): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 301: Common Information Model (CIM) base.*

*IEC/TS 61970-401 (2005-09): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 401: Component interface specification (CIS) framework.*

*IEC 61970-404 (2007-08): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 404: High Speed Data Access (HSDA).*

*IEC 61970-405 (2007-08): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 405: Generic Eventing and Subscription (GES).*

*IEC 61970-407 (2007-08): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 407: Time Series Data Access (TSDA).*

*IEC 61970-501 (2006-03): Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) schema.*

Este conjunto de normas define as especificações de padrões de interface para aplicações dentro do setor elétrico.

Em termos organizacionais do modelo de dados, estas normas são organizadas em 10 pacotes de classes:

- Core
- Domain
- LoadModel
- Meas
- Outage
- Topology
- Wires
- Generation
- SCADA
- Protecton

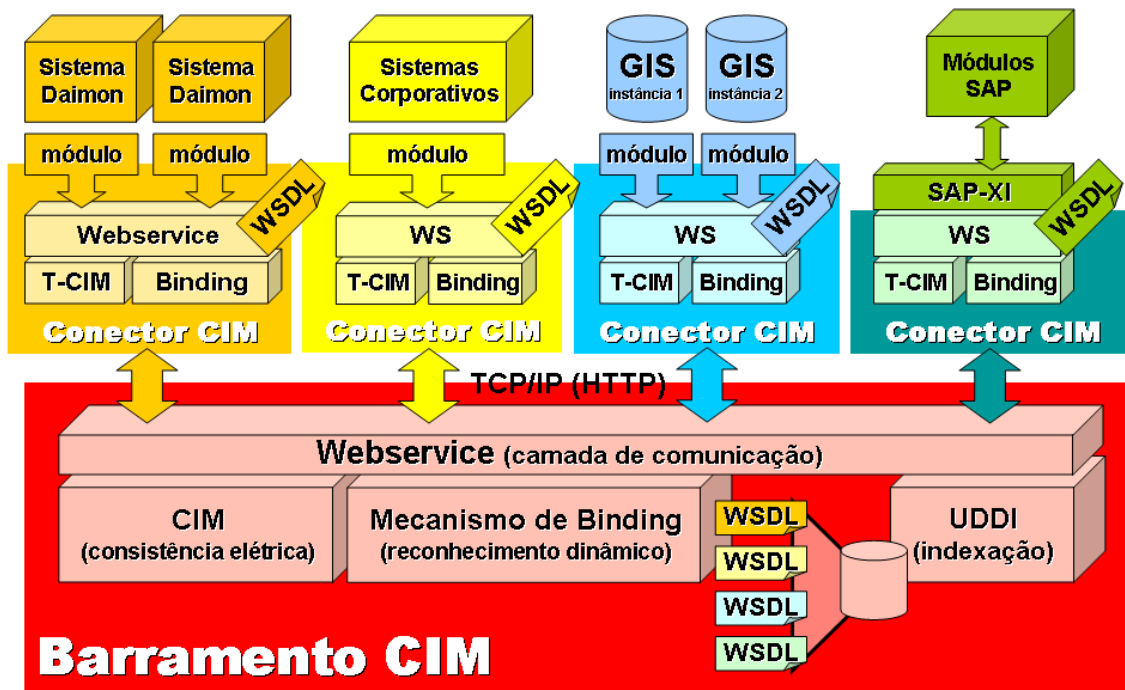


Figura 1: Esquemático da Solução.

## V. ELABORAÇÃO DA CAMADA DO MODELO COMUM DE DADOS

A partir da decisão pelo modelo CIM (Common Information Model), a próxima tarefa foi obter sua correlação com os sistemas do escopo inicial do projeto, tornando os aplicativos de cálculos elétricos e planejamento (também denominados Sistemas Daimon) compatíveis com a semântica CIM.

Foi estudada e implementada a sincronia de dados na camada de integração com dados advindos do GIS através de sucessivas transformações XSLT.

### C. Infra-estrutura

Na solução desenvolvida durante o projeto de P&D, foi adotada a arquitetura orientada a serviços (SOA - Service-Oriented Architecture), que se constitui num estilo de arquitetura de software cujo princípio fundamental preconiza que as funcionalidades implementadas pelas aplicações devem ser disponibilizadas na forma de serviços. Frequentemente estes serviços são organizados através de um "Barramento de Serviços" (Enterprise Service Bus, em inglês) que disponibiliza interfaces, acessíveis através de Web Services ou outra forma de comunicação entre aplicações. A arquitetura SOA é baseada nos princípios da computação distribuída e utiliza o paradigma request/reply para estabelecer a comunicação entre os sistemas clientes e os sistemas que implementam os serviços.

Além da perspectiva estritamente técnica, a arquitetura orientada a serviços também se relaciona com determinadas

políticas e conjuntos de "boas práticas" que pretendem criar um processo para facilitar a tarefa de encontrar, definir e gerenciar os serviços disponibilizados. Também se insere em um processo de reorganização dos departamentos de tecnologia da informação das organizações, permitindo um melhor relacionamento entre as áreas que dão suporte tecnológico à empresa e as áreas responsáveis pelo negócio propriamente dito, graças a maior agilidade na implementação de novos serviços e reutilização dos ativos existentes.

O SOA coloca a prestação de serviço como eixo de todo o negócio, dando destaque à gestão de serviços e ao cliente.

### D. Solução Adotada

Na solução desenvolvida durante o projeto de P&D, foi criada uma camada principal para intercâmbio de informações denominado Barramento de Cálculos Elétricos – ou simplesmente: Barramento de CIM, de forma que os sistemas possam compartilhar de uma única semântica. Dentro da infra-estrutura da arquitetura adotada, baseada em SOA, o Barramento de Cálculos se constitui num middleware que viabiliza a comunicação dos sistemas, ou seja, um Enterprise Service Bus (ESB) [18]. Elemento central da solução implementada, o barramento recebe os requisitos de informação dos sistemas consumidores, identifica os provedores adequados e serve de intermediário na comunicação entre consumidores e fornecedores. Por orientação da arquitetura SOA, possui uma camada de comunicação baseada em Web Services.

Os Conectores específicos de cada sistema (ou família de sistemas) constituem-se no elemento da arquitetura que viabiliza a comunicação dos sistemas com o Barramento CIM. Também se constitui uma camada de comunicação baseada

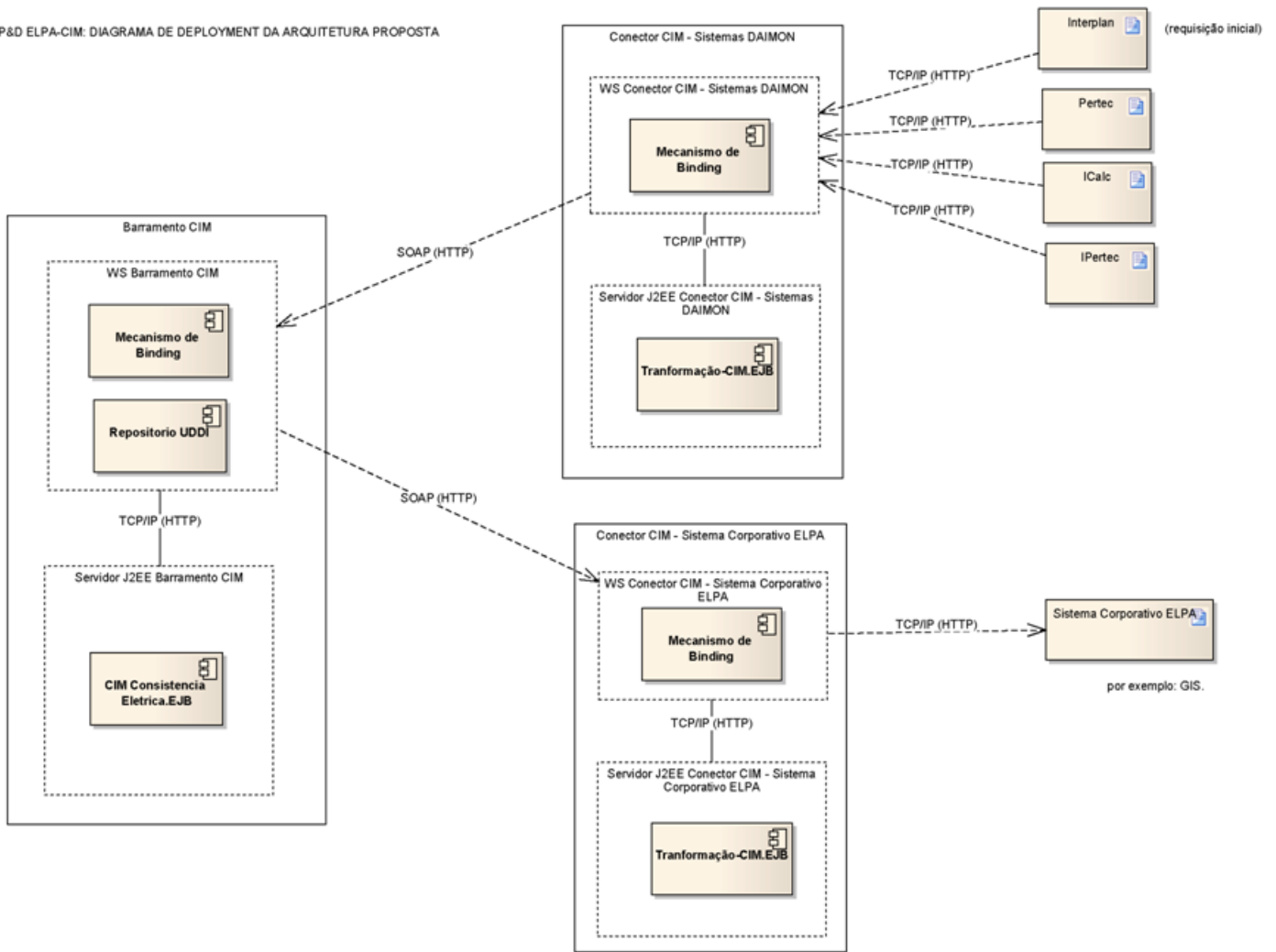


Figura 2: Diagrama de Deployment.

em Web Services.

As premissas adotadas para a implementação foram:

- a) No Barramento de Cálculos somente trafega informação elétrica formatada em XML-CIM;
- b) A responsabilidade pelas transformações de informação é dos conectores;
- c) A responsabilidade pela consistência dos dados é do Barramento de Cálculos.

E. Fluxo de Processos

Define-se que o Sistema Consumidor representa o sistema que solicita informação e/ou serviço, e o Sistema Provedor representa o sistema que fornece informação e/ou serviço. Vale ressaltar que um mesmo sistema pode efetuar o papel tanto de consumidor como de provedor em momentos diferentes.

Dessa forma, o sistema consumidor solicita informações de cálculos elétricos, dados topológicos, dados cadastrais, dados de consumo, ou outros dados existentes no sistema.

Essa solicitação se dá de forma indireta, visto que o sistema se comunica com seu conector específico e não com o barramento.

Cada conector efetua transformações semânticas e encaminha dados para o Barramento de Cálculos ou de volta para o sistema específico a que se conecta. O conector CIM receberá os dados e/ou requisições do sistema consumidor e tem a funcionalidade de enviar os mesmos para o Barramento.

Os dados que trafegam no Barramento de Cálculo são padronizados em XML-CIM. O Barramento de Cálculo é o responsável por consistir todos os dados recebidos dentro da semântica XML-CIM, e também por identificar dinamicamente o responsável pelo dado solicitado servindo de intermediário entre o fornecedor e o consumidor da informação (mecanismo conhecido como *binding*).

Por sua vez, o Sistema Provedor da informação recebe a solicitação de informação, efetua o seu processamento e retorna um pacote resposta com a informação requerida.

A figura 1 ilustra a solução adotada, detalhando os diversos processos envolvidos. Nela podem ser identificados os

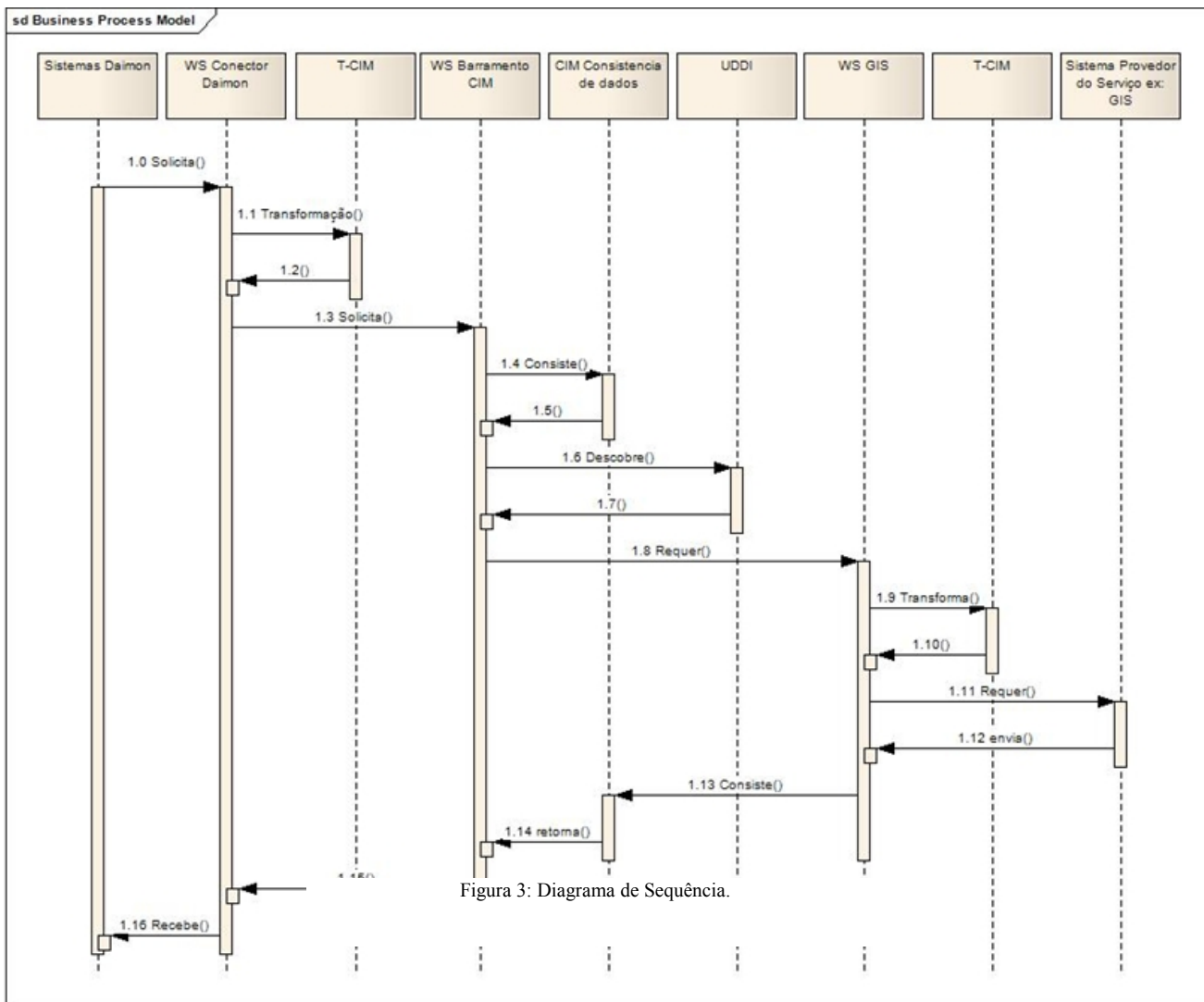


Figura 3: Diagrama de Sequência.

Figura 3: Diagrama de Sequência

sistemas envolvidos e o papel de cada um, onde em cada situação podem ser invertidos os papéis do Sistema Consumidor, que consome ou pede o resultado de um serviço fornecido por um provedor, e do Sistema Provedor, que executa o serviço em resposta a uma requisição de um consumidor. O Barramento de Cálculo CIM (Middleware), é, portanto o sistema que relaciona, de forma dinâmica, os serviços do provedor e do consumidor, consistindo os dados na semântica XML-CIM, sendo também responsável por identificar o solicitante dos dados, servindo de intermediário entre o fornecedor e o consumidor da informação.

Na figura 2 é ilustrado, dentro do Diagrama UML de Deployment do Sistema, o caminho percorrido por uma requisição ao barramento. Este mesmo caminho é detalhado temporalmente no Diagrama UML de Sequência da figura 3.

## VI. CONCLUSÕES

A implementação de um barramento para os serviços especializados de cálculo elétrico se mostrou uma solução sofisticada e dentro das diretrizes tecnológicas da empresa.

A opção pelo CIM simplificou e potencializou o acesso a este barramento. O grande mérito deste trabalho foi entender e aplicar o modelo CIM direcionado para a troca de informações entre os sistemas sem desprezar as modelagens originais dos sistemas envolvidos, mas se concentrando nas transformações de dados.

## VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições de T. Saxton recebidas durante encontro de usuários CIM em Vasteras 2008, cujas informações foram importantes para a elaboração deste documento.

## VIII.

## IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Projeto de Redes: Manual do Usuário e Manual do Sistema. Eletropaulo Metropolitana - Eletricidade de São Paulo SA, São Paulo, 1998.
- [2] CIMug - <http://cimug.ucauiug.mobi>
- [3] C. C. B. Oliveira, N. Kagan, H. P. Schmidt, C. V. Bocuzzi, I. T. Domingues. Design of Secondary Distribution Networks Incorporating Risk Analysis of Electrical and Mechanical Parameters Within a Geographic Information System. CIREC 1999.
- [4] ESRI (Environmental Sciences Research Institute): Using ArcView GIS software. Redlands, CA, 1996.
- [5] Multispeak - National Rural Electric Cooperative Association - [www.multispeak.org](http://www.multispeak.org)
- [6] Core CIM: IEC TC57 61970-301
- [7] Becker, D.: Common Information Model (CIM): CIM 10 Version EPRI Report 101976 - 2001
- [8] Robin Podmore and Marck Robinson: "Introduction to CIM", Incremental Systems Corporation (2000).
- [9] Scott Newman: "CIM Extensions for Electrical Distribution", IEEE Power Engineering Society (2001).
- [10] de Vos, A., Widergren, S.E. and Zhu, J.: XML for CIM Model Exchange, 2001 IEEE.
- [11] Becker, D. & Saxton, T.: Report on the Common Information Model (CIM) Extensible Markup Language (XML) Interoperability Test #4: The Power of the CIM to Exchange Power System Models, EPRI, Palo Alto, CA: 2002. 1007351. 2002
- [12] McMorran, A.; Ault, G.W.; Elders, I.M.; Foote, C.E.; Burt, G.M. & McDonald, J.R.: Translating CIM XML Power System Data to a Proprietary Format for System Simulation IEEE Transactions on Power Systems, 2004, 19, 229-235
- [13] CIM RDF Schema: IEC TC57 61970-501
- [14] Becker, D.: The Benefits of Integrating Information Systems across the Energy Enterprise: The Power of the Control Center Application Program Interface (CCAPI) and the Common Information Model (CIM) - 2000
- [15] Becker, D.: The Benefits of Integrating Information Systems across the Energy Enterprise: The Power of the Control Center Application Program Interface (CCAPI) and the Common Information Model (CIM) - 2000
- [16] Becker, D. & Saxton, T.: Report on the Sixth Control Center Application Program Interface (CCAPI) Interoperability Test: The Power of the Common Information Model (CIM) and Generic Interface Definition (GID) to Exchange Power System Data, EPRI, Palo Alto, CA: 2004.[Report Number 1010117] 2004
- [17] Nordstrom, L. & Cegrell, T.: Analyzing utility information system architectures using the common information model Proceedings of the CIGRE/IEEE PES, 2005. International Symposium, IEEE Publishing, 2005, 274-281.
- [18] Utility Integration Bus - IEC & OMG - Normas IEC 61970 - CIM e IEC 61968 - System Interfaces