



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GTL/24  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – XV**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**UTILIZAÇÃO DE ROADMAP TECNOLÓGICO COMO FERRAMENTA PARA ESTABELECECR CRITÉRIOS PARA ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES APLICADOS À GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.**

**Carrijo, A.S**  
**ITAIPU Binacional**

**Fontes, B.M**  
**ITAIPU Binacional**

**Garcia, P.P.G.F**  
**ITAIPU Binacional**

**RESUMO**

O Roadmap é uma ferramenta de planejamento que permite mapear os aspectos mais relevantes de uma determinada tecnologia, fornecendo uma visão estruturada do passado, presente e direcionamentos futuros, sempre alinhados com o negócio principal da empresa. Associado a estudos complementares como *benchmarking* do setor, por exemplo, é possível estabelecer metas e planos coerentes de evolução, fornecendo informações para a tomada das decisões que visam otimizar investimentos em equipamentos, identificar os pontos fracos e fortes, as lacunas tecnológicas, e o ciclo de vida dos sistemas.

Inicialmente, avaliamos tecnologias tipicamente presentes em sistemas de comunicação da usina de ITAIPU. Em seguida, apresentamos o primeiro ciclo de atualização que se deu há cerca de dez anos, motivado principalmente pela falta de peças sobressalentes e suporte técnico especializado. Por fim, objetivamos planejar de forma coerente os próximos ciclos evolutivos dos sistemas, avaliando aspectos relevantes do processo como o ponto de maturidade das tecnologias, obsolescência, diversidade de fabricantes, custos de investimento e operação (CAPEX e OPEX) além da necessidade de desenvolvimento dos recursos humanos, migrando de um processo reativo e pontual praticado atualmente para um processo proativo, global e estruturado.

**PALAVRAS-CHAVE**

Roadmap, Telecomunicações, Atualização Tecnológica, Geração e Transmissão de Energia Elétrica

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Roadmap é um termo genérico utilizado como sinônimo de planos de qualquer tipo. Um Roadmap tecnológico é uma das diversas formas de planejamento tecnológico definido por um documento que identifica, para um conjunto de tecnologias ou produtos, requisitos críticos, desempenho requerido, tecnologias alternativas e metas a serem atingidas dentro de um plano estratégico, isto é, “caminhos” alternativos para alcançar objetivos de desempenho específicos. Consideramos, no contexto deste trabalho, o termo “Roadmap tecnológico” correspondente ao plano evolutivo dos sistemas e das correspondentes tecnologias associadas. O principal benefício dos Roadmaps tecnológicos é fornecer informações para a tomada de decisões em investimentos através da identificação de tecnologias críticas ou lacunas (gaps) tecnológicas, fornecendo um método para ligar sua estratégia às ações futuras e incorporar explicitamente um plano para que a infraestrutura, as competências e as tecnologias necessárias estejam disponíveis no momento adequado.

Existem muitos aspectos que devem ser considerados quando da criação de um Roadmap. As fronteiras para cada tópico a ser tratado devem ser identificadas para manter coerência e foco do trabalho. Os maiores desafios no uso

desta ferramenta são as estimativas de tempo e a confiabilidade das informações relacionadas as tecnologias futuras. Com intuito de criarmos um Roadmap coerente e confiável, nossa abordagem é a avaliação da situação atual dos sistemas de telecomunicações da usina de ITAIPU e planejamento de sua evolução com base na estratégia da organização e, de forma complementar, em tendências de mercado e melhores práticas de empresas do setor elétrico.

## 2.0 - ROADMAP TECNOLÓGICO DA ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES DA ITAIPU

A Itaipu Binacional, com o objetivo de melhorar o fornecimento de energia, disponibilidade dos equipamentos e instalações, além de minimizar os custos operacionais, iniciou a elaboração de um plano de atualização tecnológica dos sistemas da usina e suas subestações [1], a exemplo do realizado por outras empresas do setor elétrico, como o iniciado por Furnas em 2007 [2]. O plano objetiva a atualização dos equipamentos e sistemas considerados obsoletos ou em fim de vida útil, utilizando equipamentos e sistemas com tecnologia mais avançada [3].

Planos tradicionais de atualização tecnológica, como os conduzidos atualmente pela Itaipu, consideram como ferramenta de decisão para atualização de equipamentos e sistemas uma metodologia geral baseada na avaliação do estado dos equipamentos (condition assessment) [4], comparativo entre o custo da extensão da vida útil e modernização e em prioridades, conforme plano estratégico empresarial. Esta metodologia classifica de forma geral os equipamentos por obsolescência ou final de vida útil e suas causas, como por exemplo, incapacidade funcional, falta de sobressalentes ou descontinuidade da tecnologia, baixa disponibilidade operacional e carência de pessoal capacitado em manutenção. A priorização é definida conforme metodologia que considera a classificação dos equipamentos e sistemas e a necessidade de não afetar a disponibilidade de geração de energia. Diferente dos equipamentos eletrônicos, equipamentos mecânicos consideram ainda outros fatores como tempo em serviço, condições relativas à desgaste, períodos de indisponibilidade e ainda condicionantes regulatórios e operacionais do sistema elétrico interligado, para o caso de unidades geradoras.

A utilização de Roadmaps como busca de soluções para modernizações e estratégia para melhor aproveitamento dos recursos já é empregada no setor elétrico, principalmente como orientação às ações de P&D, a exemplo da Eletrobrás Eletronorte [5], que trabalha com Roadmaps tecnológicos para as áreas de geração e transmissão desde 2007.

Os Roadmaps tecnológicos podem colaborar quanto a outros aspectos considerados nos planos de atualização, sendo os mais importantes relativos à necessidade de modificações no perfil técnico predominante da empresa, adequação da infraestrutura de comunicação para futuras tecnologias e ao fato de que o plano é elaborado considerando sua execução em um longo período de tempo. O avanço tecnológico pode ocorrer mais rapidamente que a modernização de toda a instalação industrial, principalmente se adotado de um plano vertical de atualização tecnológica.

### 2.1 Breve histórico dos sistemas de telecomunicações da ITAIPU

A ITAIPU possui sistemas de telecomunicações para atender a diversas funções e necessidades de negócio. Estes sistemas atendem a usina (casa de força, GIS, barragem e vertedouro), a subestação localizada na margem direita (território paraguaio), responsável pela transmissão de energia gerada em 50 Hz, e as Linhas de Transmissão para interconexão com ANDE (SIN PY) e FURNAS (SIN BR). Os sistemas aqui descritos são de uso exclusivo da produção industrial, estando excluídos do trabalho os sistemas corporativos.

Os primeiros sistemas de comunicação da usina de ITAIPU possuíam foco em equipamentos de transporte de comandos, voz e sinais de teleproteção de linhas de transmissão. Tradicionalmente estes sistemas surgiram baseados em equipamentos de rádio analógico SHF (*"Super High Frequency"*), operando na faixa de 3 a 30 GHz, e ondas portadoras (OPLAT) que utilizavam as linhas de alta tensão como meio de propagação.

O sistema de telefonia por comutação de circuito (TDM) utilizava pares de cobre, entroncamentos, ramais e rádios VHF todos de tecnologia analógica.

Ainda, os primeiros sistemas computacionais industriais surgiram de forma isolada e sem integração entre eles, ou seja, os dados gerados por eles eram armazenados em bases de dados independentes com acesso local e restrito.

Este primeiro cenário tecnológico permaneceu em operação por quase 20 anos, apresentando alto grau de confiabilidade e índices de disponibilidade elevados. É importante ressaltar que as tecnologias utilizadas neste momento eram atuais à época e largamente utilizadas em empresas do setor elétrico.

### 2.2 Primeira Atualização Tecnológica dos sistemas de telecomunicações da ITAIPU

O primeiro ciclo de atualização se deu há cerca de dez anos, entre os anos de 2004 e 2006, motivado pela principalmente pela obsolescência dos sistemas, falta de peças sobressalentes e suporte técnico especializado.

Nesta atualização os sistemas analógicos tradicionais foram substituídos por sistemas digitais de comunicação de alta capacidade utilizando fibras ópticas como meio de transmissão, como foi o caso da teleproteção, onde os sistemas baseados em SHF e OPLAT foram substituídos por SDH (Synchronous Digital Hierarchy) com anéis ópticos redundantes e uso de OPGW (Optical Ground Wire) nas linhas de transmissão.

A telefonia incorporou as tecnologias de troncos digitais ISDN (Integrated Services Digital Network) e mobilidade via sistema DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).

Os sistemas computacionais, neste período, foram integrados através da implantação de uma infraestrutura de redes denominada SIRI (Sistema de Redes Industriais) responsável em prover conectividade a todos e entre todos os sistemas industriais, utilizando tecnologias Ethernet, TCP/IP, redes virtuais (VLAN), firewalls, IPS (Intrusion Protection System), servidor de autenticação, VPN (Virtual Private Network), Wi-Fi IEEE 802.11, entre outros.

Este primeiro ciclo será suplantado por um novo ciclo de atualizações tecnológicas dos sistemas de ITAIPU, motivado pela necessidade de atualização de hardware e software e incorporação de novas funcionalidades, visando sempre a continuidade da eficiência operacional. O processo de atualização terá como início o período compreendido entre 2015 e 2017. Na sequência, será apresentado Roadmap Tecnológico que tem como objetivo nortear este novo ciclo de atualizações e os futuros ciclos mais a frente no que diz respeito a evolução dos sistemas e tendências de mercado.

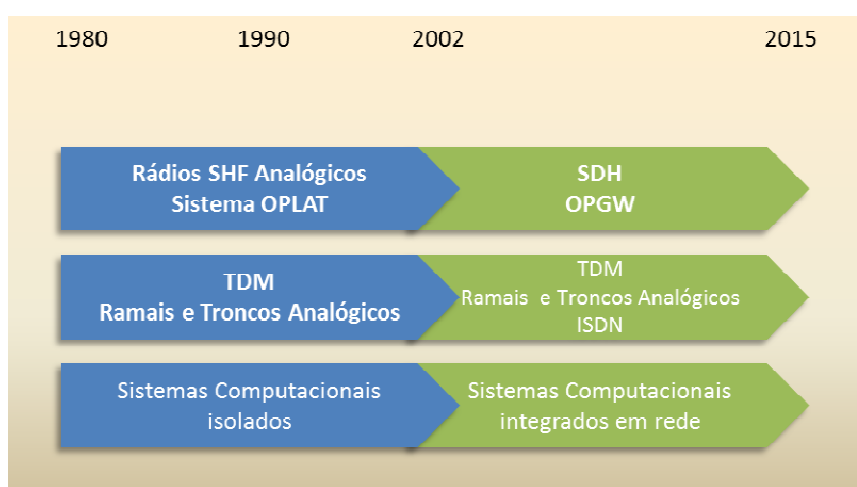


Figura 1 – Primeiro ciclo de atualização tecnológica de ITAIPU.

### 2.3 Roadmap Tecnológico dos Sistemas de Telecomunicações da ITAIPU

No atual momento, ITAIPU apresenta sistemas de telecomunicações com cerca de dez anos de operação. Ainda que estes sistemas apresentem desempenho adequado e satisfatório às necessidades da empresa, existe uma defasagem em relação às tecnologias atuais de mercado, fato este cabível de atenção frente a obsolescência, falta de suporte, peças de reposição e mão-de-obra especializada, o que pode tornar a manutenção e operação custosas ou até mesmo impraticáveis. Com o objetivo de contornar este cenário e garantir a manutenção da geração e entrega de energia elétrica com segurança e qualidade ao Brasil e Paraguai, a ITAIPU está promovendo a expansão e atualização tecnológica de seus sistemas de telecomunicações. A atualização tecnológica deverá promover a expansão dos sistemas, atualização das tecnologias utilizadas de forma que estejam alinhadas as mais modernas e adequadas tecnologias da atualidade, que permitam a melhora do desempenho operacional, otimização da manutenção, compatibilidade entre sistemas de diferentes fornecedores, tecnologias que não estejam em final de ciclo de vida e, por fim, que permitam uma transição para uma nova tecnologia em uma futura atualização mais rápida, com menores custos e de menor impacto na operação e na estrutura organizacional da empresa.

A expansão e atualização tecnológica dos sistemas de telecomunicações será dividida, aqui neste trabalho, em três grupos: o primeiro abrange os sistemas de transporte de comandos, telemetria e sinais de teleproteção de linhas de transmissão, o segundo voz e o terceiro as redes de dados industriais.

O primeiro grupo apresenta um Roadmap tecnológico inspirado em experiências de empresas do setor elétrico com tecnologias WDM e pela tendência atual de mercado sobre o suposto uso de sistemas Metro-Ethernet em substituição aos sistemas SDH. A vantagem desta evolução está na maior velocidade das interfaces, maior capacidade de processamento, simplicidade na implantação, instalação e modificação trazidas pelo padrão Ethernet e manutenção da capacidade de gerencia da rede quando comparado a sistemas SDH. Ainda, teremos a

consolidação do uso de redes baseadas no padrão IEC 61850, já em uso nas subestações de ITAIPU, porém, em constante evolução e penetração.

O segundo grupo apresenta Roadmap tecnológico do sistema de telefonia baseado na já consolidada evolução da telefonia TDM para telefonia IP, largamente utilizada por diversas empresas do setor elétrico e de grande portfólio de soluções de empresas fornecedoras. As vantagens observadas neste modelo estão relacionadas ao uso de uma infraestrutura compartilhada para voz e dados, os novos serviços vinculados a telefonia IP, a possibilidade do uso de multimídia na mesma plataforma e infraestrutura e a permanência do acesso físico e móvel.

O terceiro Roadmap, para sistemas de redes industriais, apresenta evolução tecnológica das redes de dados segregadas e com servidores independentes para redes de dados convergentes, multi serviços, em ambiente de datacenter especializados e virtualização de servidores, redes e dispositivos. Esta evolução está alinhada com o praticado pelas grandes empresas de TI e diversas empresas do setor elétrico. Este modelo tem como vantagens a redução de infraestrutura de rede, uma vez que vários serviços convergem para a mesma infraestrutura, redução de espaço físico e consumo de energia em datacenter, promovido pela virtualização, melhor gerência de desempenho, redução no tempo de implantação de novos sistemas ou alteração de antigos e maior segurança.

O Roadmap tecnológico dos sistemas de transporte de dados, comandos, telemetria e sinais de teleproteção de linhas de transmissão objetiva a atualização destes sistemas para sistemas com eficiência comprovada e cujo ciclo de vida esteja próximo de seu início. Neste contexto, temos as tecnologias WDM, Carrier Ethernet (Metro-Ethernet) e MPLS-TP, onde a primeira já possui uma utilização e penetração no setor elétrico de longa data, a segunda é uma nova tendência de mercado e a última ainda uma prospecção para o futuro. Devido a atualização relativamente recente do sistema SDH de ITAIPU (2012), o uso de uma tecnologia em substituição ao SDH NGN está contemplada no Roadmap, porém ainda é alvo de estudos e prospecções. A Figura 2 apresenta a evolução das tecnologias tipicamente presentes nos sistemas de comunicação da Usina de Itaipu com foco em equipamentos de transporte de dados, comandos, telemetria e sinais de teleproteção de linhas de transmissão, e um comparativo com a evolução tecnológica com uma empresa do setor elétrico [6].

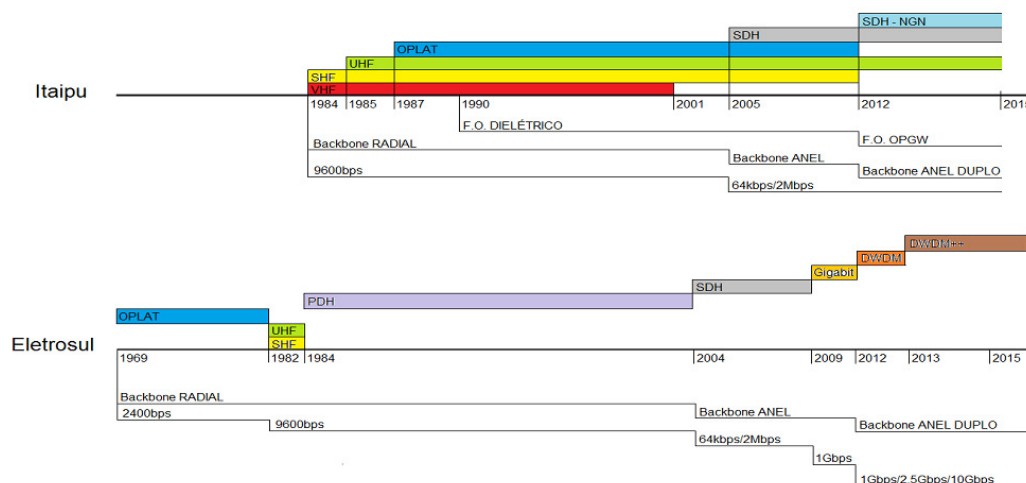


Figura 2 – Comparativo entre tecnologias de ITAIPU e empresa do setor elétrico.

No ambiente de subestação, o Roadmap de ITAIPU converge para uma constante substituição dos sistemas convencionais por redes IEC 61850, baseado em mensagens MMS e GOOSE, como é o caso dos mais recentes projetos de proteção e controle realizados em 2013 e 2015 com uso de novos IEDs de proteção de barra e linha utilizando este padrão. Existe também a prospecção do uso de *Merging Units* no mesmo ambiente. A grande vantagem do uso do IEC 61850 está na interoperabilidade entre sistemas de diferentes fornecedores. Cabe ressaltar que sistemas IEC 61850 são suportados por tecnologia de redes padrão Ethernet e TCP/IP, fazendo uso de switches L2/L3 e outros elementos de rede, sendo, portanto, necessária a incorporação de competências técnicas de redes aos profissionais de automação e controle.

O Roadmap tecnológico dos sistemas de telefonia objetiva a migração da tecnologia de comutação de circuitos TDM pela tecnologia de comutação de pacotes baseada em protocolos IP e SIP, tanto para acesso fixo como móvel e a integração do serviço de voz na rede de dados. Esta migração impacta na substituição do sistema como um todo, desde o núcleo de processamento (CORE) até o acesso (*endpoints*), tanto em equipamentos como na infraestrutura de rede.

A visão de futuro corresponde, então, a prestação do serviço de voz e multimídia (voz, vídeo e metadados) sobre a mesma infraestrutura da rede SIRI, em um ambiente de serviços convergentes. Para alcançar este modelo futuro, será necessário dividir a migração em etapas, de forma a reduzir o montante de investimento necessário

para migração direta de uma tecnologia para outra e de forma a dividir este investimento entre o sistema de telefonia e de infraestrutura de rede para suporte a voz e sistemas industriais.

Observando a Figura 3, vemos as etapas que devem ser realizadas para alcance de um sistema de telefonia IP integrado a rede de dados. No ano de 2014 a ITAIPU atualizou seu sistema de consoles telefônicos, originalmente TDM, para um sistema Full IP. O sistema de consoles é utilizado para comunicação operacional dos centros de operação da usina, a saber, CCR, Despacho de carga e Sala de Controle da subestação Margem Direita. Cabe ressaltar que este foi o primeiro sistema desta natureza a entrar em operação na Área Industrial. Em 2015 será dado início a substituição do CORE TDM por um CORE IP, mantendo compatibilidade e suporte ao acesso fixo e móvel TDM/DECT. As próximas etapas compreendem a expansão e atualização da infraestrutura da rede SIRI para suporte a telefonia fixa e móvel em IP, seguido da migração dos ramais TDM/DECT por IP (móvel via Wi-Fi).

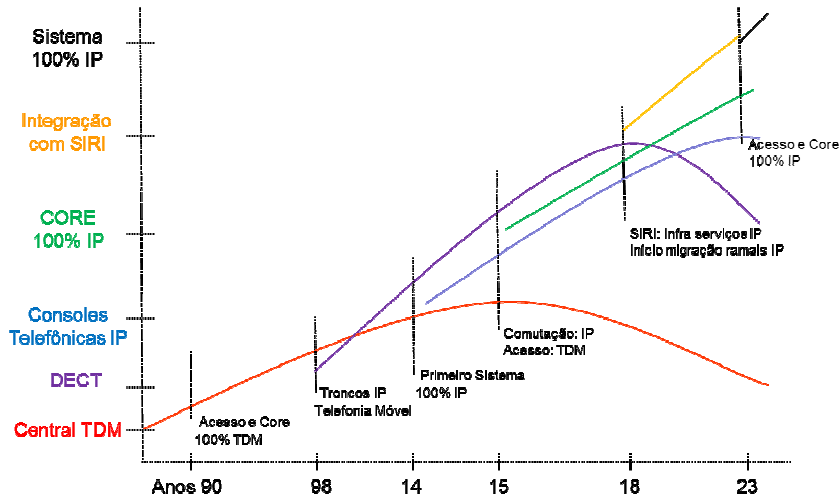


Figura 3 – Roadmap do Sistema de Telefonia da ITAIPU.

O Roadmap da evolução da Rede Industrial e dos sistemas computacionais de ITAIPU compreende uma visão de futuro de longo prazo alcançável através de uma etapa de transição de médio prazo. O planejamento é promover o alinhamento dos sistemas de ITAIPU às tecnologias atuais e futuras, ou seja, promover retrofit e possibilitar futuras atualizações de baixo custo e impacto operacional.

Observando a Figura 4, vemos que a rede e os sistemas de ITAIPU serão migrados para um ambiente de maior velocidade de transmissão, suporte a serviços integrados de dados e multimídia, plataformas colaborativas, ferramentas de nova geração em segurança e computação em nuvem, a isto, chamados de Modelo Futuro.

O modelo desejado somente será alcançado a longo prazo, isso ocorre pois a configuração futura, por promover maior integração de redes e serviços, necessita do retrofit de outros sistemas, como por exemplo a telefonia. Portanto, será necessário um modelo transitório, que crie condições favoráveis ao alcance do modelo futuro de forma “suave”. A transição consiste na evolução da arquitetura de rede, promovendo novos serviços e velocidades, bem como a criação de um datacenter e uso de tecnologia de virtualização. Este modelo está alinhado a atual tecnologia de sistemas computacionais em voga até a produção deste documento.

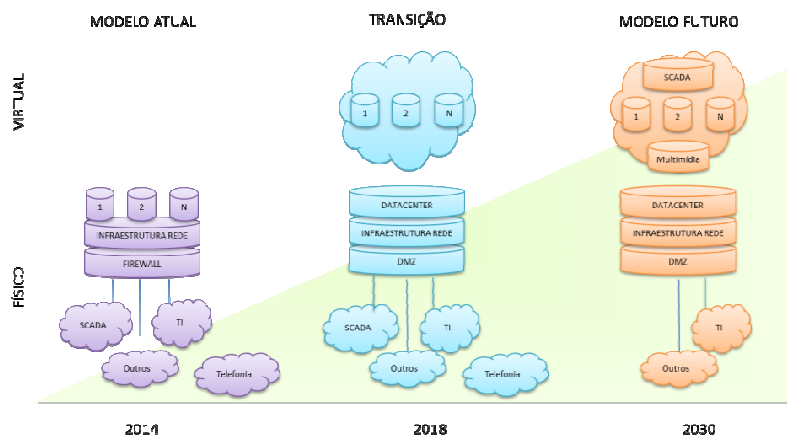


Figura 4 – Evolução da Rede de Dados e Sistemas Industriais da ITAIPU.

### 3.0 - CONCLUSÃO

Com base na avaliação dos sistemas e tecnologias de ITAIPU do passado e atuais, nos objetivos empresariais e na avaliação e prospecção de sistemas presentes no mercado, tendências e sistemas implantados em demais empresas do setor elétrico, podemos identificar os melhores caminhos a serem tomados durante o processo de atualização tecnológica dos sistemas de telecomunicações de ITAIPU. Estes caminhos são traduzidos em Roadmaps tecnológicos apresentados e justificados ao longo deste trabalho, que abordam as tecnologias e a forma de implantação destas. No caso de ITAIPU, temos Roadmaps (Figura 5) que utilizam um método de evolução e migração gradativa de uma determinada tecnologia para outra, garantindo assim a manutenção do investimento já realizado e a otimização dos investimentos futuros. Também é importante ressaltar que o método de migração, além de ajustar o investimento de forma adequada, evita fortes impactos organizacionais oriundos de substituições tecnológicas realizadas de uma só vez. Dessa forma, as equipes de Engenharia, Operação e Manutenção têm a capacidade de assimilar a transição tecnológica com maior segurança, conhecimento e competência, evitando gaps e mudanças desnecessárias durante etapas da migração. Portanto, concluímos que a utilização de uma ferramenta como o Roadmap tecnológico é de grande valia na prospecção e planejamento da evolução, expansão e atualização de sistemas de telecomunicações aplicados a geração e transmissão de energia elétrica, servindo como um guia para equipes técnicas e gestores, como é o caso da ITAIPU Binacional.

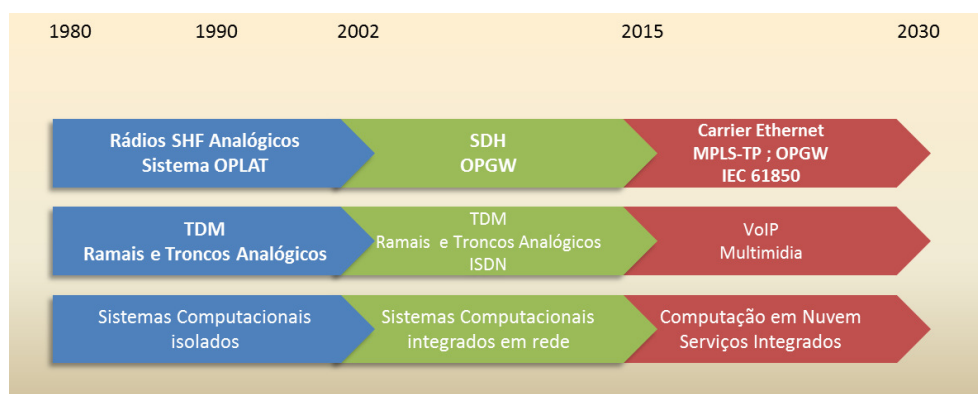


Figura 5 – Roadmap tecnológico da atualização tecnológica dos sistemas de telecomunicações da ITAIPU.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Itaipu Binacional, Plano de Atualização Tecnológica da UHI – Versão Inicial Básica, 2008.
- (2) Eletrobras Furnas, Revista de FURNAS, Nº 340, Maio de 2007.
- (3) Itaipu Binacional, Diretrizes e Critérios para a Atualização Tecnológica da Itaipu, 2006.
- (4) Itaipu Binacional, Resultados da Análise do Estado de Sistemas/Equipamentos (*Condition Assessment*), 2007.
- (5) Eletrobras Eletronorte, Informativo Novo Tempo, Ano 1, Nº 015, 2011.
- (6) Eletrosul, Apresentação para Grupo de Trabalho ANATEL-Utilities, Brasília, 2015.

## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Artur Silva Carrijo possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela Universidade Federal de Uberlândia, MG (2005), Pós-graduação em Automação de Subestações/Norma IEC 61850 (2010) e Mestrado em Sistemas Dinâmicos e Energéticos (2013) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Foz do Iguaçu - PR. Desde 2008 trabalha na Divisão de Engenharia de Manutenção Eletrônica da Usina Hidrelétrica de Itaipu.



Bruno Marins Fontes, graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações, Universidade Federal do Paraná, 2006. Pós-graduação em Redes de Computadores e Telemática, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2008. Trabalha desde Setembro de 2008 na Itaipu Binacional na Divisão de Engenharia Eletrônica e Sistemas de Controle (ENES.DT).



Pedro Paulo Gomes Ferreira Garcia possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2007) e MBA em Gerenciamento de Projetos (2009) pela Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro. Em 2008 ingressou no programa de Trainee da empresa LIGHT S.E.S.A atuando por três anos na implantação do projeto de *Smart Metering* da empresa. Em 2010, pela empresa Oi S.A., coordenou projetos de implantação softwares de OSS responsáveis pelo aprovisionamento do produto *Triple Play over FTTH* da empresa. Desde 2013 trabalha na Divisão de Engenharia de Sistemas de Controle e Eletrônica da Usina Hidrelétrica de Itaipu.