



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

FI/GTL/11
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

REDES CRÍTICAS DE TELECOMUNICAÇÕES: O CASO ELETROBRAS ELETRONORTE

**Marcelo Costa de Araújo(*)
ELETROBRAS ELETRONORTE**

RESUMO

O artigo trata da necessidade de se conhecer os sites de telecomunicações mais críticos de uma empresa de geração e transmissão de energia, visto sua interdependência com a operação do sistema elétrico e o modo como falhas em uma rede de infraestrutura crítica podem ter reflexos na outra.

É apresentada uma metodologia desenvolvida pela Anatel e CPQD para identificação de estações críticas. Em seguida, é feita uma adaptação do método para sistemas de transporte que atendem ao setor elétrico, usando uma rede da Eletrobras Eletronorte como exemplo.

Os sites são ordenados conforme seus níveis de criticidade e na conclusão, são citados possíveis trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE

Infraestrutura, telecomunicações, setor elétrico, níveis de criticidade, MI²C

(*) SCN Quadra 6, Conjunto A, Bloco C, sala 1216 – Shopping ID - CEP 70716-901 – Brasília, DF – Brasil
Tel: (+55 61) 3429-8711 – Fax: (+55 61) 3429-8551 – Email: marcelo.araujo@eletronorte.gov.br

1.0 - INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, a informação se encontra altamente digitalizada. As redes de banda larga permitem um fluxo intenso de dados entre grandes distâncias. Outra consequência desse processo de digitalização é o aumento da interdependência entre diferentes sistemas de infraestrutura crítica.

Conforme definido no Diário Oficial da União (DOU), ano cxlv, no. 157, de 15 de agosto de 2008, consideram-se infraestruturas críticas “as instalações, serviços, bens e sistemas que, se forem interrompidos ou destruídos, provocarão sério impacto social, econômico, político, internacional ou à segurança do estado e da sociedade”. Nessa classificação, se incluem os sistemas de transporte, abastecimento de água, eletricidade e telecomunicações, entre outros.

É habitual no setor elétrico o relacionamento entre os sistemas de telecomunicações, ti e automação para garantir a continuidade dos serviços de geração e transmissão de energia elétrica. Uma falha de grandes proporções em qualquer um desses sistemas pode provocar impactos no desempenho da rede elétrica e nas tomadas de decisão durante grandes perturbações.

A queda de links de comunicação pode acarretar, a saber: perda de dados de operação dos equipamentos elétricos (SCADA) em seus centros de operação; falha no funcionamento de esquemas de teleproteção; indisponibilidade de comunicação de voz (hotlines) entre centros regionais e o operador nacional do sistema (ons); perda de dados de medição e faturamento; ausência de dados de PMUs (phase measurement units); interrupção no tráfego corporativo (e-mail, sistemas de gestão ERP, dados armazenados em servidores, sistemas de gestão de ativos, etc).

Desse modo, é de grande importância que uma empresa tenha a capacidade de mapear os pontos críticos de sua rede, aqueles cuja perda repentina pode prejudicar não apenas a companhia, como também seus principais clientes.

No Brasil, no que tange ao contexto de telecomunicações, uma iniciativa do gabinete de segurança institucional da presidência da república, em conjunto com o ministério das comunicações, em 2008, instituiu um grupo técnico de segurança de infraestrutura crítica de telecomunicações. O principal objetivo desse grupo seria o de desenvolver metodologias para analisar a infraestrutura de telecomunicações nacional, diante da perspectiva de grandes eventos internacionais, como a copa do mundo de futebol, em 2014, e os jogos olímpicos de 2016.

Em nível internacional, iniciativas similares foram tomadas para garantir a continuidade das redes de comunicação e dos cidadãos. Ataques terroristas, desastres naturais e outros tipos de falhas de natureza aleatória vêm motivando a política de governos ao redor do planeta.

A proposta desse trabalho é apresentar uma análise de redes ópticas da Eletrobras Eletronorte que atendem ao negócio geração e transmissão, de modo a identificar seus nós mais críticos. O estudo será feito da forma mais abrangente possível, de modo que a metodologia possa ser replicada por outras empresas do setor.

2.0 - REDES DE INFRAESTRUTURA CRÍTICA

2.1 Interdependência de infraestruturas

Antes de iniciar a análise das redes de comunicação da Eletrobras Eletronorte, cabe discorrer sobre a interdependência entre infraestruturas críticas. As conexões entre elas podem ser de natureza [1]: física, cibernética, geográfica e lógica.

Entradas e saídas entre agentes de infraestruturas distintas podem estar interligadas fisicamente. Por exemplo, sistemas de energia AC em uma subestação alimentam os retificadores de 48 Vcc que, por sua vez, mantém energizados os equipamentos de transporte de dados e voz instalados no local.

Nas do tipo cibernética, o estado de uma infraestrutura depende da informação transmitida por meio de uma rede de informação. No setor elétrico, essa é a relação existente entre sistemas SCADA e as redes de transmissão e distribuição, bem como usinas de energia.

As infraestruturas estão geograficamente interligadas quando um evento no ambiente em que estão inseridas afeta a todas simultaneamente. Juntamente com as linhas de transmissão, são lançados cabos OPGW, que são o meio utilizado pelos equipamentos de transporte óptico. Quedas das torres de transmissão podem levar ao rompimento de fibras ópticas no interior do cabo, o que provocaria interrupção na comunicação de links de dados (rede corporativa e operativa) e de proteções de linha.

Quando a conexão entre infraestruturas não puder ser situada entre os 03 tipos citados acima, ela é do tipo lógica. Por exemplo, mudanças feitas no marco regulatório podem impactar a capacidade de geração de receitas de empresas do setor energético, que por sua vez dificultam o investimento na renovação de sua planta, podendo ocasionar falhas no sistema de potência. Tais falhas podem provocar interrupção no fornecimento de energia, interrompendo o funcionamento de equipamentos de telecomunicações (dependendo da duração e gravidade do evento) e, conseqüentemente, o tráfego de dados do sistema SCADA para os centros de operação.

Como se vê, esses tipos de sistemas estão sujeitos ao chamado *efeito cascata*, ou seja, uma perturbação em uma infraestrutura provoca a falha de um componente numa infraestrutura secundária e assim por diante. Por isso, é importante avaliar a condição atual das redes de telecomunicações que atendem o setor elétrico. Especificamente, nesse artigo, das redes de propriedade da própria empresa de GTD.

2.2 Características de infraestruturas

Ainda segundo [1], alguns aspectos devem ser considerados na análise de redes de infraestrutura, a saber:

Escala espacial: envolve o estudo de todos os elementos que compõem um sistema, desde suas partes (definidas como o menor componente de um sistema), passando por suas unidades (um conjunto de partes), subsistemas (um conjunto de unidades), sistemas (agrupamento de subsistemas), infraestrutura (uma coleção de sistemas semelhantes, por exemplo, a infraestrutura de telecomunicações) e suas interdependências. A falha na transmissão de uma única porta óptica envolvida em um esquema de proteção de via pode prejudicar o tráfego de uma regional.

Escala geográfica: deve-se levar em consideração a dimensão da análise a ser realizada. Deliberações sobre políticas nacionais no setor estudado exigem estudos em níveis nacionais e, por vezes, internacionais.. A região onde um site de telecomunicações se encontra pode dificultar ou agilizar o acesso físico a seus equipamentos. Os efeitos de uma interrupção total do tráfego em uma dada localidade pode ser de grande impacto para os habitantes daquela região ou para os processos de uma empresa.

Escala temporal: dependendo na natureza do estudo, o tempo pode se tornar um fator importante. Em redes elétricas, as escalas de tempo para atuações de proteções de linha são na escala de milissegundos. Uma pequena variação nesse tempo de atuação pode mitigar ou exacerbar a propagação de um curto-circuito. Porém, ao analisar uma rede de rodovias, o tráfego de veículos pode ser medido em termos de horas.

Fatores operacionais: estão relacionados a segurança e risco, e incluem procedimentos operacionais, treinamento de operadores, sistemas redundantes e backups, soluções de emergências, planos de contingência e políticas de segurança. O relacionamento entre esses fatores representa um desafio em estudos de redes de infraestrutura.

Fatores organizacionais: Efeitos da globalização, mudanças na estrutura de uma empresa, indefinição de processos, políticas corporativas, propriedade privada ou estatal e o ambiente regulatório.

2.3 Modelo MI²C (Metodologia para Identificação de Infraestruturas Críticas):

A ocorrência de grandes eventos esportivos no Brasil, como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas no Rio de Janeiro em 2016, trouxe a necessidade de se desenvolver um modelo nacional para avaliação de riscos e criticidade para infraestruturas de telecomunicações no país.

O CPQD e a Anatel desenvolveram 5 metodologias, a saber: Metodologia para Identificação de Infraestrutura Crítica (MI²C), Metodologia para Identificação e Análise de Ameaças (MidA²), Metodologia para Análise e Interdependência entre Infraestruturas Críticas (MAI²C), Metodologia para Criação do Cenário Ideal para Infraestrutura Crítica (M(CI)²C) e Metodologia para Diagnóstico de Infraestrutura Crítica (MeDI²C).

Este autor teve acesso a artigos (referências [2], [3], [4] e [5]) que discorriam sobre a aplicação da MI²C para os jogos pan-americanos de 2007 e para a Copa do Mundo de 2014. A descrição feita neste tópico, bem como no desenvolvimento do artigo se baseia nas observações feitas nesses documentos.

A MI²C envolve oito fases para sua implementação, conforme mostrado na figura 1 e definido em [2]:



Figura 1: Metodologia de Identificação de Infraestrutura Crítica (MI²C) – Fonte: [2]

Fase 1 – Identificação dos serviços: Nessa etapa, são definidos os serviços de telecomunicações oferecidos pelas prestadoras;

Fase 2 – Definição dos aspectos a serem avaliados para cada serviço definido na Fase 1: Podem ser sociais, econômicos ou políticos;

Fase 3 – Definição dos níveis de criticidade a serem estabelecidos: Identificam a influência que cada serviço exerce sobre determinado aspecto;

Fase 4 – Definição de pesos para cada aspecto definido na Fase 2: Devem ser considerados cenários, reais ou hipotéticos, que resultem de diferentes combinações de pesos atribuídos aos aspectos considerados. Podem considerar aspectos estruturais ou de longo prazo, conforme o interesse de cada nação;

Fase 5 – Análise dos níveis de criticidade de cada serviço: São definidos os níveis de criticidade em relação aos serviços e aspectos identificados;

Fase 6 – Mapeamento dos serviços críticos: identifica um subconjunto de serviços que efetivamente representam aspectos críticos da infraestrutura;

Fase 7 – Identificação da estrutura de rede: identifica as infraestruturas de rede que dão suporte aos serviços críticos de telecomunicações;

Fase 8 – Priorização dos elementos: Nessa etapa, são calculadas as prioridades de cada estação envolvida no estudo.

3.0 - TOPOLOGIA DA REDE DE TRANSPORTE ESTUDADA

A figura 2 demonstra a topologia da rede de transporte objeto desse artigo:

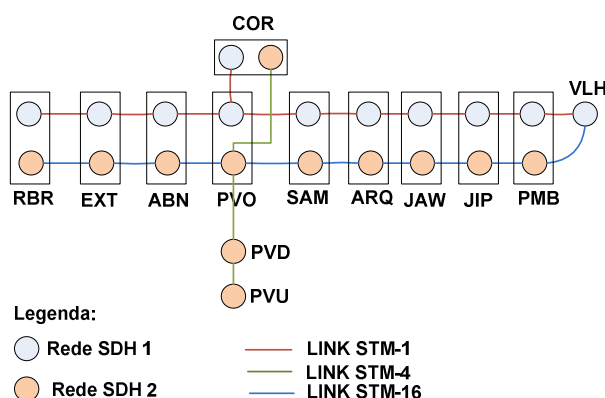


Figura 02: Rede de transporte sob estudo

A rede SDH 1 é uma rede STM-1 com proteção de via óptica MSP 1+1. Nessa rede trafegam, além de links que atendem a rede corporativa e sistemas telefônicos, links de teleproteção e de supervisão do sistema elétrico, bem como links que atendem outras empresas do setor.

A rede SDH 2 é uma rede STM-16 com links de agregados na configuração 1+0, com derivações STM-4 em meio urbano. Nessa rede trafegam primordialmente links ethernet para atendimento a rede corporativa, links de rede de supervisão do sistema elétrico e links que atendem clientes externos.

As fontes de sincronismo são comuns às duas redes, e estão localizadas nos sites RBR, PVO e JIP. Os dados do canal DCC são coletados em PVO, onde há 2 links de comunicação com o centro de gerência de redes de telecomunicações da Eletrobras Eletronorte em Brasília.

3.1 Análise da rede usando a metodologia MI²C adaptada ao setor elétrico

3.1.1 Fase 1 – Identificação dos Serviços

Os serviços de telecomunicações oferecidos nessas redes são apresentados na tabela 01:

Tabela 01: Serviços oferecidos pelas redes

Serviço	Descrição
Rede corporativa	Links E1 e ethernet interligam os roteadores da rede
Rede operativa	Links E1 e ethernet interligam os roteadores que atendem a rede SAGE
Teleproteção de linhas de transmissão	A rede SDH transporta os comandos enviados pelos equipamentos de teleproteção
Sistema telefônico	As centrais telefônicas que atendem as regionais estão interligadas por links E1. Hotlines também são implementados via PDH ou VoIP
Serviços para terceiros	Links negociados em contratos de interconexão do sistema elétrico

3.1.2 Fase 2 – Definição dos Aspectos para Avaliação dos Serviços, Fase 3 – Definição dos níveis de criticidade de cada aspecto e Fase 4 – Definição do peso dos aspectos

Nas referências obtidas por este autor, a aplicação da metodologia foi feita para redes celulares. É da natureza dessas redes a existência de regiões de sombra, que restringem a cobertura das regiões que atendem. Além disso, elas atendem ao usuário de última milha. Deve ser considerado ainda que a análise foi feita no contexto de uso dessas redes em eventos esportivos. A rede analisada nesse artigo tem outra finalidade, a de atender unicamente ao setor elétrico.

Uma dificuldade na aplicação do método MI²C para o setor elétrico é que a quantidade de clientes atendidos não necessariamente representa a criticidade do serviço. É possível se deparar com um cenário onde a quantidade de usuários dos serviços de rede corporativa é muito maior que aqueles que utilizam os serviços de teleproteção. Porém, o impacto na falha destes para o negócio da empresa é muito maior que a perda daqueles. Então, aspectos como área de cobertura, população atendida, impacto na divulgação de informações culturais e de serviços de saúde não serão considerados.

Sendo assim, serão considerados apenas aspectos de interesse do negócio principal da empresa, conforme na tabela 02:

Tabela 02: Aspectos para avaliação dos serviços

Aspecto	Considerações
Transmissão de Energia Elétrica	A perda do serviço de telecomunicações tem impacto na confiabilidade do sistema elétrico
Parcela Variável	A perda do serviço de telecomunicações contribui para parcela variável
Monitoramento do sistema elétrico de potência (SEP)	A perda do serviço de telecomunicações afeta os dados de supervisão das funções de transmissão
Operação do sistema Elétrico	A perda do serviço de telecomunicações prejudica a comunicação entre centros de operação e o ONS
Atividades Corporativas	A perda do serviço de telecomunicações afeta sistemas corporativos de TI (SAP, e-mail, servidores de dados, etc) e comunicação de voz

3.1.3 Fase 5 – Análise dos níveis de criticidade de cada serviço e Fase 6 – Mapeamento dos serviços críticos

A tabela 03 associa o impacto de cada serviço oferecido na rede de telecomunicações com os aspectos considerados, em ordem decrescente de criticidade. Foram atribuídos os seguintes pesos, conforme o impacto:

Alto = 3;
Médio = 2;
Baixo = 1

Tabela 03: Níveis de criticidade do serviço

Aspectos		Transmissão de energia elétrica	Parcela Variável	Monitor. do SEP	Operação do SEP	Atividades Corporativas	Somatório
Serviços	Teleproteção	3	3	1	2	1	10
	Rede operativa	2	1	3	2	1	9
	Telefonia	1	1	1	2	2	7
	Rede corporativa	1	1	1	1	3	7
	Serviços para terceiros	1	1	1	1	1	5

Assim, com essa classificação objetiva, foram escolhidos os 3 serviços mais críticos para a operação do sistema elétrico para dar prosseguimento à análise. De início, já podem ser excluídos do estudo todos os SDHs da rede 2, visto que por eles não trafega nenhum link de teleproteção. As estações mais críticas estarão concentradas na rede SDH 1.

3.1.4 Fase 7 – Identificação da estrutura de rede

Nesse momento, são selecionadas as estações mais críticas da rede. No método MI²C, segundo [5], são selecionados dois eixos: interesse nacional e tecnológico.

Todas as estações por onde trafegam links que atendem à operação do setor elétrico são de interesse nacional, pois auxiliam a manter a confiabilidade do sistema de potência. Como concentramos nossa análise na rede 1, nesse quesito todos os sites têm igual importância. O que diferenciara a classificação dos sites na fase 8 será, portanto, o eixo tecnológico.

O eixo tecnológico considera os critérios técnicos de uma estação, tais como [5]: pontos de interconexão, volume de tráfego, capacidade de transmissão (fibra / satélite), funções de sinalização/NGN/Data Server, gerência de rede, energia CA/CC, compartilhamento de infraestrutura, entre outros.

Temos assim, na tabela 04, os seguintes critérios no eixo tecnológico, por estação:

Tabela 04: Critérios do Eixo Tecnológico

Critérios – Eixo Tecnológico
Quantidade de circuitos de teleproteção que trafegam pela estação
Quantidade de circuitos de rede operativa que trafegam pela estação
Quantidade de circuitos de telefonia que trafegam pela estação
Fonte de sincronismo instalada na estação
Interconexão com redes de outro estado onde a Eletrobras Eletronorte atua
Ponto de coleta de dados de gerência da rede óptica

Outros critérios que poderiam ser adotados caso se expandisse a análise para as demais redes da Eletrobras Eletronorte (incluindo redes que atendem ao mercado de telecomunicações) poderiam ser: infraestrutura compartilhada com outra empresa, meio de transmissão próprio ou de terceiros, fonte duplicada usando sistemas CC distintos, controladoras duplicadas, matriz de cross-conexão duplicada, entre outros. Como as estações avaliadas apresentam as mesmas características técnicas, esses critérios teriam o mesmo peso para todas e não acrescentariam diferencial na análise.

3.1.5 Fase 8 – Priorização dos elementos

Para determinar a priorização dos elementos, criamos 02 categorias, onde distribuímos os critérios definidos na tabela 04, conforme apresentado na tabela 05:

9

Tabela 05: Distribuição dos critérios em categorias

Categoria	Critérios		
Operação - SEP	Circuitos de teleproteção	Circuitos da rede operativa	Circuitos de telefonia
Operação - Telecomunicações	Fonte de Sincronismo	Interconexão com outros Estados	Ponto de coleta da gerência

Na tabela 06, estão demonstrados os pesos definidos para cada categoria. Foi atribuído um peso maior à operação do sistema elétrico de potência visto que os 3 serviços considerados mais críticos contribuem para esse quesito. Também estão demonstradas as escalas de pontuação para cada critério:

Tabela 06: Pesos da categorias e escalas de pontuação para cada critério

Categoria	Peso da Categoria	Critério	Escala de pontuação do critério
Operação – SEP	2	Circuitos de teleproteção	Nº de circuitos ≥ 7 : Nota 3 $5 \leq$ Nº de circuitos < 7 : Nota 2 Nº de circuitos < 5 : Nota 1
		Circuitos da rede operativa	Nº de circuitos ≥ 4 : Nota 2 Nº de circuitos < 4 : Nota 1
		Circuitos de telefonia	Nº de circuitos ≥ 5 : Nota 2 Nº de circuitos < 5 : Nota 1
Operação - Telecomunicações	1	Fonte de sincronismo	Estação com GPS: Nota 1 Estação sem GPS: Nota 0
		Interconexão com outros Estados	Estação com interconexão estadual: Nota 1 Estação sem interconexão estadual: Nota 0
		Ponto de coleta de gerência	Estação gateway de gerência: Nota 1 Estação não é gateway de gerência: Nota 0

Para manter o peso de cada categoria na pontuação final de cada estação, foi definido o chamado fator de normalização, conforme a equação 1:

$$\alpha_i = \frac{P_i}{\sum_{j=1}^{C_i} Nmax_{ij}} \quad (1)$$

, onde:

α_i : fator de normalização da nota em função do peso da i-ésima categoria;

P_i : peso da i-ésima categoria;

C_i : nº de critérios da i-ésima categoria;

$Nmax_{ij}$: Nota máxima atribuída ao j-ésimo critério da i-ésima categoria.

Para determinar a nota final de cada estação, foi usada a equação (2):

$$PS_n = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{C_i} \alpha_i N_{ij} \quad (2)$$

, onde:

PS_n : pontuação final da e-nésima estação avaliada;

K : número de categorias;

C_i : número de critérios da i-ésima categoria;

N_{ij} : nota atribuída ao j-ésimo critério da i-ésima categoria;

α_i : fator de normalização da nota em função do peso da categoria

Assim, aplicando essas fórmulas para cada estação, temos o resultado da tabela 07, em ordem decrescente de criticidade. As notas das estações já se encontram conforme a escala da tabela 06:

Tabela 07: Ordem de criticidade das estações estudadas

Nome da estação	Qtde de circuitos de teleproteção	Qtde de circuitos de rede operativa	Qtde de circuitos de telefonia	Fonte de sincronismo na estação	Interconexão com outros estados	Coleta de gerência	Nota final
PVO	3	2	2	1	0	1	2,67
JIP	3	2	2	1	0	0	2,33
SAM	3	2	1	0	0	0	1,71
ABN	3	1	1	0	1	0	1,67
RBR	1	1	2	1	0	0	1,48
COR	1	2	2	0	0	0	1,43
ARQ	2	2	1	0	0	0	1,43
JAW	2	2	1	0	0	0	1,43
EXT	1	1	1	0	1	0	1,19
VLH	1	1	1	0	1	0	1,19
PMB	2	1	1	0	0	0	1,14

4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho adaptou para uso no setor elétrico uma metodologia criada para determinar a criticidade de sites de operadoras de telecomunicações. Os únicos exemplos de aplicações a que se teve acesso foram feitos para eventos esportivos internacionais. Para se adequar à realidade do setor, adequações tiveram de ser feitas nas categorias e critérios de avaliação escolhidos.

A identificação dos sites mais críticos forma a base de trabalhos futuros, que complementaríamos esse estudo. O conhecimento dos riscos à segurança dos equipamentos de transporte, quer seja ela física ou cibernética, a localização dos sites com maior dificuldade de acesso, obsolescência dos equipamentos, bem como o histórico de falhas pode trazer uma visão distinta da que foi apresentada aqui. Quando aplicados em conjunto, eles permitirão que as empresas elaborem planos de contingência de telecomunicações mais precisos, por se aproximarem mais da realidade das redes pela riqueza de detalhes abordados.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) **Rinaldi**, Steven M., **Peerenboom**, James P. e **Kelly**, Terrence K. – “Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies” – IEEE Control Systems Magazine, 2001.
- (2) **Tome**, Sandra M. Campanholi et al – “Identificação de Infraestrutura Crítica de Telecomunicações com a Metodologia MI²C” – XXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES, 2009
- (3) **Ribeiro**, Sérgio Luís et al – “Aplicação da Metodologia para Identificação da Infra-estrutura Crítica (MI²C) no Pan 2007” – Cad. CPQD Tecnologia, jul/dez 2007
- (4) **Riberio**, Sérgio Luís et al – “Redes de Telecomunicações Móveis para a Copa de 2014” – www.cpqd.com.br
- (5) **Tindade**, Marcos Baracho et al – “Metodologia para Identificação da Infraestrutura Crítica de Telecomunicações e sua Aplicação em Estudo de Caso” – disponível em www.iis.org/CDs2008/CD2009CSC/CIIIT2009/PapersPdf/N727JZ.pdf

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Marcelo Costa de Araújo nasceu em Itajubá-MG em 1979. Se formou em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília em 2002. Concluiu MBA em Administração em 2004 e MBA em Gestão de Empresas Estatais em 2013. É funcionário da Eletrobras Eletronorte desde 2007, atuando no setor elétrico desde 2001. Atualmente, trabalha na OETR – Gerência de Redes de Telecomunicações, como engenheiro de Operação e Manutenção.