

O Uso de Imagens Georreferenciadas para a Gestão de Uso e Ocupação de Faixas de Linhas de Transmissão.

U. S. de Campos, CTEEP; J. A. Jardini, EPUSP/ PEA/ GAGTD; L. C. Magrini, EPUSP/ PEA/ GAGTD; M. G. M. Jardini, EPUSP/ PEA/ GAGTD; J. A. Quintanilha, EPUSP/ PTR

Resumo- A CTEEP Transmissão Paulista conta hoje com um ativo composto de 99 subestações com capacidade de transformação acima de 36.000 MVA e mais de 18.000 quilômetros de circuitos de transmissão; muitos dos quais onde, sistematicamente, ocorre invasão de faixa de passagem. Para a supervisão do controle de invasões nas faixas de passagem, hoje, a Empresa conta com uma base de dados própria, o BPI – Bens Patrimoniais Imóveis (onde são cadastrados todos os imóveis), com o PAR – Processo Administrativo de Inspeção e Regularização (processo não informatizado) e ainda as constatações no campo e comunicações externas como a do departamento de manutenção que periodicamente sobrevoa as linhas de transmissão com helicóptero e quando identificam algo irregular notificam o Departamento de Patrimônios da Empresa. Sistemas de Informação contendo cadastro georreferenciados de equipamentos e aplicativos são ferramentas úteis para melhorar a eficiência da engenharia.

Imagens de satélites, aerofotogrametria e imagens geradas por perfilamento laser estão disponíveis no mercado, e pela precisão (resolução espacial) que oferecem (chegam até a 60 cm por pixel) podem ser ferramentas de alta aplicabilidade para o acompanhamento das invasões das faixas de passagem. Neste artigo propõe-se uma metodologia para a inspeção das faixas de passagem fazendo uso das imagens acima citadas e ainda de uma base de dados no qual torres, propriedades e invasões são cadastradas não só sob o aspecto jurídico/ civil mas principalmente sob o aspecto georreferenciado no qual suas coordenadas serão chave de consulta para se obter informações pertinentes à invasão e a “navegação” em um software de geoprocessamento. Dentro deste conceito e resumindo, o projeto visa comparar técnica e economicamente, alternativas tecnológicas de imageamento georreferenciado e sua aplicabilidade para as operações da CTEEP.

Palavras-chave—Gestão de linhas de transmissão. Imagens de satélites. Invasão de faixas de passagem. Ortofoto. Perfilamento laser.

U. S. Campos (Gerente do Projeto) trabalha na CTEEP – Transmissão Paulista (usampaio@ctEEP.com.br).

J. A. Jardini (Coordenador do projeto), Prof. Dr. Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/ Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP/ GAGTD (jardini@pea.usp.br).

L. C. Magrini (Pesquisador), PhD e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (magrini@pea.usp.br).

M. G. M. Jardini (Pesquisador), MSc e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (mjardini@pea.usp.br).

J. A. Quintanilha (Especialista), PhD e trabalha no EPUSP/PTR – Departamento de Transporte (jaquinta@usp.br).

I. INTRODUÇÃO

A CTEEP possui hoje mais de 18.000 quilômetros de circuitos de transmissão; muitos dos quais onde, sistematicamente, ocorre invasão de faixa de passagem. Detectam-se invasões nas faixas de passagem por pessoas de diferentes classes sociais. A invasão por parte da classe baixa é notória pelos barracos e favelas que se aglomeram sobre as Linhas de Transmissão; já a invasão por parte da classe média é notada por deslocamentos de muros de indústrias, construção de edículas e até piscinas na faixa das linhas. Para a supervisão do controle de invasões nas faixas de passagem, como dito, hoje a Empresa conta com uma base de dados própria. Ao detectar uma invasão, o Departamento de Patrimônios mobiliza uma equipe que vai a campo para conferir a possível invasão e então iniciar o procedimento administrativo cabível. Levantamentos de campo (de topografia) são realizados a fim de se obter a máxima precisão nas medidas quando distâncias são, argumentos para um possível pedido judicial de reintegração de posse. Com a intenção de se acompanhar sistematicamente essas eventuais invasões e de se fazer a gestão sob as devidas remoções, uma metodologia foi desenvolvida fazendo uso de Imagens Georreferenciadas: imagem do satélite QuickBird, ortofoto e imagem de perfilamento laser. Uma área piloto foi determinada para tal estudo e está compreendida na Linha de Transmissão 173 de 60 km (da CTEEP) – São Roque/ Interlagos de 345 kV. Este trabalho está, sucintamente, dividido em três partes: a primeira delas trata do imageamento considerado; na segunda é descrito o sistema de informação e na terceira e última parte é descrita a base de dados utilizada..

II. IMAGEAMENTO CONSIDERADO

Foram estudadas três tecnologias: imagem de ortofoto, imagem de satélite (QuickBird) e imagem produzida por perfilamento laser. Cada qual possui sua característica técnica específica, mas todas elas oferecem o que há de maior precisão (resolução espacial) no mercado. Resolução espacial de até 60 cm por *pixel* é oferecido, por exemplo, na ortofoto; e nas imagens do satélite do QuickBird há uma resolução de até 70 cm por *pixel*. Nos próximos itens serão descritas as imagens adquiridas (Imagem); será avaliada a precisão das tecnologias (Avaliação da Precisão); os custos (Descrição de Custos) serão descritos e uma conclusão será relatada (Conclusão da Aplicabilidade).

A. Imagem

A resolução espacial é fundamental quando o objetivo principal é identificar (visualmente e geograficamente por coordenadas) possíveis invasões e até identificação de “feições” como lajes de casas, pequenas hortas, ruas de terra e asfalto, estacionamento de veículos, descampados e até montes de entulhos.

Uma área piloto foi então definida e nela dois trechos foram utilizados para a identificação de feições e aferição das precisões. As imagens, nas três diferentes tecnologias foram então adquiridas e analisadas.

A seguir, as Figuras 1, 2 e 3 representam um dos trechos aferidos nos três tipos de tecnologia.



Figura 1. Imagem de Ortofoto.



Figura 2. Imagem de Satélite QuickBird.

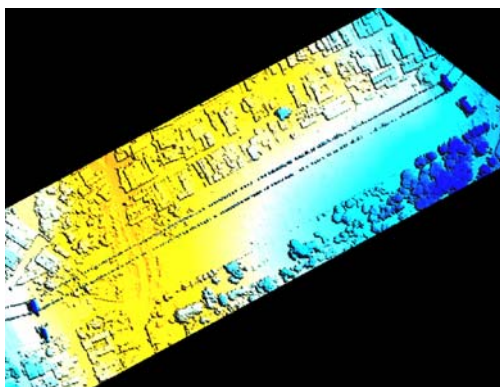


Figura 3. Imagem de Perfilamento Laser

B. Avaliação da precisão

Para avaliar as precisões procedeu-se da seguinte forma:

- ✓ Um levantamento de campo: de feições, e medições feitas por topografia utilizando equipamento de Estação Total que foram adotadas como corretas;
- ✓ Levantamento com GPS com precisão relativa de até 4 metros (informado pelo fabricante);
- ✓ A identificação de coordenadas de pontos e medições de distâncias foram realizadas nos três tipos de imagens:

A imagem a seguir (Figura 4) lista os pontos de aferição.



Figura 4. Detalhe da região aferida.

Conclui-se que:

TABELA I
Diferenças de valores para coordenadas aferidas.

		GPS		Diferenças X Topografia					
		EPUSP		Ortofoto		Quickbird		P. Laser	
		N	L	N	L	N	L	N	L
1	T149	---	---	0,1	-0,8	-1,4	-2,2	0,2	0,0
2	T150	2,4	-0,3	0,8	-0,7	1,3	-2,0	0,3	-0,5
3	T43	---	---	1,2	-0,1	1,7	-1,7	1,6	-2,3
4	T44	4,9	-4,4	1,0	-1,5	1,3	-1,6	1,4	-2,3
5	Pt. 1	---	---	---	---	---	---	---	---
6	Pt. 2	---	---	---	---	---	---	---	---
7	Pt. 3	---	---	---	---	---	---	---	---
8	Pt. 4	---	---	---	---	---	---	---	---
9	Pt. 5	---	---	---	---	---	---	---	---
10	Pt. 6	1,8	-2,2	---	---	---	---	---	---
11	Pt. 7	---	---	2,2	-2,6	1,4	-2,4	1,5	-1,7
12	Pt. 8	2,4	-3,0	-1,4	-2,7	-0,2	-3,0	-1,6	-0,2
13	Pt. 9	1,0	-3,3	1,0	-2,5	-0,8	-1,4	-1,3	-1,2
14	Pt. 10	1,2	-2,5	2,0	-1,0	2,7	-0,1	-0,5	-1,7
15	Marco	0,5	-1,1	---	---	---	---	---	---

TABELA II
Diferenças de valores para distâncias aferidas.

	Dist.	Topogr. (m)	Diferenças X Topografia					
			Ortofoto		Quickbird		P. Laser	
			Med.	Difer.	Med.	Difer.	Med.	Difer.
1	T150/T44	30,15	30,43	0,28	30,66	0,51	30,16	0,01
2	Pt.7/Pt.8	25,36	23,77	-1,59	24,62	-0,74	22,42	-2,94
3	Pt.9/t.10	18,38	20,20	1,83	20,41	2,03	19,62	1,24
4	F. Passag.	80,00	79,58	-0,42	79,02	-0,98	79,52	-0,48

✓ Na TABELA I, analisando as coordenadas dos pontos em questão, nota-se que:

- Para as medições de 1 a 15, quando verificada cada coordenada obtida com o equipamento GPS, difere daquelas obtidas por topografia. Há uma diferença máxima de 3,3 metros (o que já era previsto uma vez que o fabricante deste equipamento informa uma precisão de até 4 metros);
 - Os pontos de medições de 5 a 9, foram impossíveis de serem localizados visualmente nas imagens. Isto se deu pela “baixa” resolução de imagens. Alguns pontos até seriam obtidos visualmente, porém, como é impossível de se aplicar mais aproximações (*zoom*) nas imagens, a determinação do ponto exata ficaria mais erroneamente identificada obtendo informações sem a devida acurácia;
 - Para as medições de 1 a 4 e 11 a 14, quando comparada as coordenadas obtidas nos três tipos de imagens, nota-se que as medidas obtidas na imagem de Perfilamento Laser é que possui o menor erro. Isso se deve pelo mesmo motivo descrito anteriormente, principalmente quando se fala na identificação visual das torres de transmissão; a ausência de sombras, claridades, feições identificáveis encostadas ao alvo facilitam e muito a determinação do ponto;
- ✓ Na Tabela II, analisando as distâncias entre os pontos, nota-se que, para as medições de 1 a 4:
- A média de erro se equivale quando se compara àquelas obtidas entre todas as imagens: de Ortofoto, de QuickBird e de perfilamento Laser (1,03 e 1,06 e 1,17 respectivamente). O erro máximo foi de 1,8; 2,0 e 2,9 respectivamente;
 - O que vale ressaltar nessa tabela é que a medida referente a distância entre as torres e a faixa de passagem possui um menor erro na imagem de Perfilamento Laser, isso se dá pela mesma facilidade de identificação dessa torre como já descrita anteriormente.

Interessante relatar que o levantamento em campo, das coordenadas das torres de transmissão, com equipamento GPS pouco preciso pode ser substituído pela determinação realizada através das imagens. Os valores indicados na TABELA I indicam uma maior precisão quando feita em escritório, numa imagem adquirida, com auxílio de *software*. No caso o ERDAS.

C. Custos

A TABELA III a seguir descreve o custo de cada tipo de tecnologia (perfilamento laser, ortofoto e imagem do satélite QuickBird) por quilômetro de Linha.

TABELA III
Custo das tecnologias.

	Tipo de Tecnologia	Custo (R\$)/ km de linha
1	Ortofoto (nova)	1.500,00
2	Ortofoto (banco)	100,00
3	QuickBird	478,33
4	Perfilamento Laser	416,67

Entende-se por “Ortofoto (nova)” quando se deseja fazer um imageamento da região no qual ainda não foi feito por nenhuma empresa comercial e, portanto, não está contido em um banco de dados (“ortofoto – banco”).

Vale ressaltar que o preço de linha 1 é maior por oferecer maior resolução espacial (30 cm por pixel) dentre as demais.

Os valores podem variar visto que, eventualmente, alguma empresa pode ter oferecido preço subsidiado, por ser um projeto de pesquisa.

D. Conclusão

Sucintamente concluindo pode-se dizer que as tecnologias servem para realizar uma verificação sistemática das faixas de passagem, porém, para servir de base à um processo jurídico, as imagens ainda deixam a desejar quanto a precisão e então seria necessário um levantamento de campo fazendo uso da topografia.

Somente como informação, ao final de ano, a Digital Globe detentora dos direitos de produção e venda de Imagens do satélite QuickBird, estará lançando um novo satélite e que para este estuda-se a possibilidade do equipamento de imageamento produzir imagens com resolução de até 25 cm por *pixel*.

III. SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Para complementar o sistema foi desenvolvido uma base de dados e um SIG (Sistema de Informação Geográfica) para a identificação das invasões.

A. ArcView

O sistema SIG foi desenvolvido em uma plataforma no *software* ArcView. Trata-se de um programa de geoproc-

samento cujo objetivo principal é associar uma imagem georreferenciada à uma base de dados. Assim que a imagem ortorectificada e georreferenciada é adquirida (já nos padrões da Empresa, geralmente no sistema de coordenadas em UTM e no DATUM Córrego Alegre) é então inserida no ArcView onde então o operador passa a realizar aplicativos sobre elas:

- Traçar o eixo da linha de transmissão e a ; faixa de passagem;
- Identificar visualmente as possíveis invasões, delimitá-las (geograficamente por coordenadas) e atribuí-las características (acessando o banco de dados);
- Pode também, através ainda da base de dados associada à imagem por este programa, consultar informações sobre determinada invasão, como por exemplo em que fase do processo administrativo da empresa tal invasão se encontra, bem como atualiza-la.

A Figura 4 a seguir exemplifica tal sistema. Na Figura 5 é mostrada uma tela do sistema de informação onde são cadastradas as invasões.

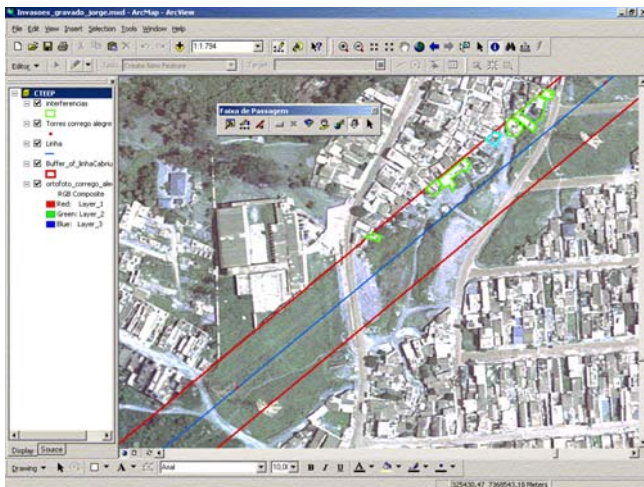


Figura 4. Sistema de Informação. Aplicativo ArcView. Eixo da linha e faixa.

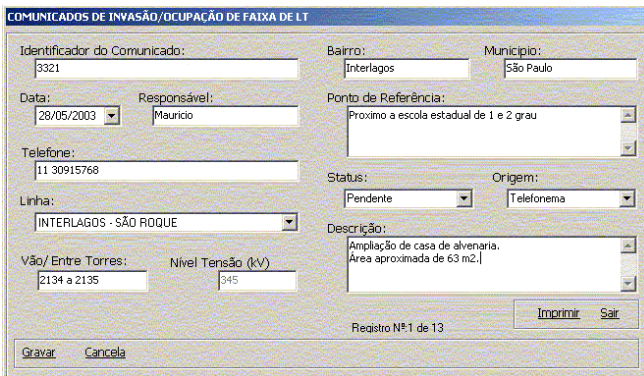


Figura 5. Tela de Comunicado de Invasão. Identificação de Invasão.

B. Erdas

Trata-se de um *software* de sensoriamento remoto orbital. Com este programa é possível tratar as imagens de satélites e

ortofotos de forma a extrair dados exatamente de acordo com a necessidade da Empresa. Métodos de classificação de *pixel*, transformações geográficas de sistemas de unidades e esféricas, criação de outros mapas, e outros mais são algumas ferramentas.

O que vale ressaltar aqui é a ferramenta de comparação de imagens. Imagens com datas distintas são, eletronicamente e geograficamente sobrepostas no qual o operador pode, “rolando” a imagem nova sobre a velha acompanhar as variações ocorridas no período compreendido.

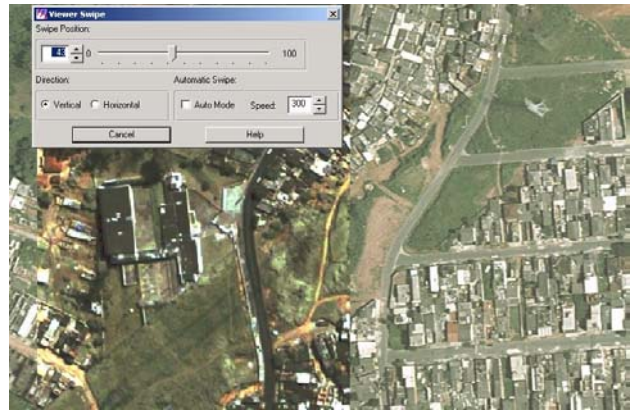


Figura 6. Comparação de imagens.

Pode-se tentar realizar uma “subtração” de imagens. Neste caso, no desenho aparece apenas o que foi modificado de uma imagem para outra.

IV. BASE DE DADOS

Como já descrito na Introdução a CTEEP conta hoje com uma base de dados nos qual todos imóveis são cadastrados. Esta base de dados (em ORACLE) se chama BPI – Bens Patrimoniais Imóveis. Neste trabalho o que se fez foi a aprimoração de algumas tabelas já existentes, no qual dados como coordenadas geográficas foram acrescentadas afim de serem a chave de pesquisa e *link* com o sistema SIG.

A CTEEP possui um processo denominado PAR – Processo Administrativo de Regularização de Invasões; porém esse processo não é totalmente sob a forma eletrônica e o que se fez foi adapta-lo em um programa com uma interface homem máquina agradável no qual, além de estar geograficamente associada com o SIG desenvolvido, ainda oferece as seguintes consultas:

- ❖ Tomar ciência das propriedades (bens imóveis) da Empresa que possuem registros em cartórios, escrituras e demais que correm ou não o risco de invasões;
- ❖ Tomar ciência das propriedades por onde passam as Linhas de Transmissão (faixa de passagem) que correm ou não o risco de invasão;

- ❖ Localizar o PAR através do nome do invasor (ou por um número de documento qualquer, claro que des- de que seja cadastrado);
- ❖ Localizar o PAR através da propriedade (informando o endereço correto);
- ❖ Localizar o PAR através das coordenadas do local (UTM ou latitude e longitude);
- ❖ Obter uma listagem de todos os PARs e seus *status* (em qual estágio se encontra: carta administrativa, notificação extra judicial ou em processo de reintegração de posse – departamento jurídico);
- ❖ Obter uma listagem de todos os PARs resolvidos e pendentes;
- ❖ Obter uma listagem com os PARs referenciando a data e o fim do prazo que foi concedido ao invasor.

V. SUMÁRIO FINAL

Como visto o trabalho integrou três tecnologias: imagens, SIG e sistema de informação tornando-se uma ferramenta que aumenta a eficiência do processo de gestão de faixas de passagem.

VI. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- [1] MOERBECK, F.; VARRICCHIO, C.O.S.; AKIL, C.V. SINSE- Sistema Integrado de manutenção dos Sistema Elétrico, Anais do XIV SNPTEE, Belém - PA, 1997.
- [2] Working Group 22.13, ELECTRA. Management of existing overhead transmission lines. CIGRÉ, Nº 193, Dezembro de 2000, p. 25-29.
- [3] General Electric; GE Smallworld Transmission Drid Manager; www.gepower.com. IEEE 2001 Power Engineering Society Summer Meeting, 15 a 19 de Julho de 2001.
- [4] JARDINI, M. G. M; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C., SCHMIDT, H. P.. Sistema de Base de dados para gestão de hidrelétricas. IX ERLAC, Maio de 2001.
- [5] JARDINI, M. G. M; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C., SCHMIDT, H. P.. Sistema de Informação para gestão de Hidroelétricas e Linhas de Transmissão. XVI SNPTEE, Outubro de 2001.
- [6] MANITOBA HYDRO. Discussões verbais no Stand da Manitoba durante o IEEE/ PES T&D2001, Atlanta, Outubro, 2001.

- [7] JARDINI, M. G. M; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C., SCHMIDT, H. P.. Sistema de Informação para gestão de Hidroelétricas e Linhas de Transmissão. Revista ELETROEVOLUÇÃO, CIGRE, Brasil, Junho de 2001.
- [8] EPUSP. Relatórios do Convênio Metodologia para cadastro georreferenciado e supervisão de instalações de petróleo e gás. Projeto de pesquisa, financiado pela ANEEL em 1999.

VII. BIOGRAFIA

Ubirajara Sampaio de Campos, nascido no Rio de Janeiro, Brasil, 30 de Abril de 1957. Graduado em Engenharia Agrônoma na Escola Federal Rural do Rio de Janeiro em 1983. Pós graduado em Administração e Gestão de Negócios em Energia pela FGV – Fundação Getúlio Vargas e FEA/ USP – Faculdade de Economia e Administração da USP em 1997. Especialização em Novo Ambiente Regulatório, Institucional e Organizacional do Setor Elétrico e Gás pela USP/ UNICAM/ UNIFEI em 2002. Trabalhou como engenheiro no setor de projetos e estudos básicos do departamento de cadastramento e projetos sócio-econômicos da diretoria de engenharia e construções da CESP; ainda na CESP como gerente adjunto do departamento de estudos e planejamento ambiental da diretoria de meio ambiente, assessor da diretoria administrativa, e atualmente como assessor da diretoria administrativa da CTEEP.

José Antonio Jardini, nasceu em 27 de março de 1941, formado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP (EPUSP) em 1963. Mestre em 1970, Doutor em 1973, Livre Docente/ Prof Associado em 1991 e Professor Titular em 1999 todos pela EPUSP Departamento de engenharia de Energia e Automação Elétricas (PEA). Trabalhou de 1964 a 91 na Themag Eng. Ltda atuando na área de estudos de sistemas de potência, projetos de linhas e automação. Atualmente é professor da escola Politécnica da USP do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas onde leciona disciplinas de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Foi representante do Brasil no SC38 da CIGRE, é membro da CIGRE, Fellow Member do IEEE, e Distinguished Lecturer do IAS/IEEE.

Luiz Carlos Magrini nascido em São Paulo, Brasil, 3 de Maio de 1954. Graduado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1977 (Engenharia Elétrica). Recebeu pela mesma instituição o título de MSc e PhD em 1995 e 1999, respectivamente. Trabalhou por 17 anos na Empresa Themag Engenharia Ltda. Atualmente, além de Professor de Universidades faz parte, como pesquisador/ coordenador de Projetos do Grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

José Alberto Quintanilha nascido em São Paulo, Brasil, 12 de Março de 1951. Graduado pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo em 1979 (Bacharel em Estatística). Recebeu o título de MSc em Sensoriamento

Remoto pelo Instituto de Pesquisas Espaciais em 1988 e de PhD em Engenharia na Escola Politécnica da USP, em 1997. Trabalhou por 20 anos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., e como consultor de empresas por 5 anos. Atualmente, é professor e pesquisador/coordenador do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Mauricio George Miguel Jardini, nascido em São Paulo, Brasil, 18 de outubro 1971. Graduado em Engenharia Elétrica na Escola da Engenharia Mauá em 1985. MSc na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1998, onde fez exame e realiza o curso de PhD. Pós graduado pela Fundação Vanzolini da Universidade de São Paulo em Administração Industrial, 2001. Trabalhou em Projetos de Plataformas de Petróleo e Petroquímicas no departamento de engenharia da empresa SETAL Engenharia. Trabalha atualmente no GAGTD (Grupo da Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica) do PEA (Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas) da EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).