



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

GRUPO -GMI

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI

**POSTE DE EMERGÊNCIA POLIMÉRICO**

Phillip Luiz de Mendonça (\*)  
Celpe

Marco Antônio Silva Setembro  
Petrofisa

Mário José Costa Pinheiro  
Coelba

**RESUMO**

Este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um poste extremamente leve e versátil para atendimento em condição de emergência em linhas de transmissão. Além da melhoria substancial no processo logístico propriamente dito, tal poste oferece diversas características interessantes pelo fato de ser de composição polimérica. O aumento do NBI da estrutura, flexibilidade elevada e expectativa de vida útil são algumas delas.

**PALAVRAS-CHAVE**

Poste, Estrutura, Emergência e Polimérico.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As concessionárias de transmissão e distribuição de energia elétrica brasileiras têm registrado diversas ocorrências de quedas e quebras de estruturas. Tais eventos são decorrência das mais diversas causas, como problemas inerentes ao próprio sistema de transmissão, a exemplo do rompimento de condutores e deterioração de postes ou até mesmo aqueles provocados por fenômenos naturais, como vendavais, enchentes, deslizamento de terra, entre outros.

Até mesmo as linhas de transmissão construídas recentemente, que são submetidas a projetos mais conservativos, não estão livres deste tipo de ocorrência. Fenômenos climáticos como aquecimento global e rugosidade de terreno são fatores de difícil previsão e afetam diretamente as estruturas. Ações de vandalismo também têm contribuído bastante neste sentido.

Os órgãos reguladores têm realizado exigências extremamente rígidas e desta forma vem aplicando severas multas quando a continuidade e a qualidade no fornecimento de energia elétrica são prejudicadas. Além dos elevados valores de multas que a concessionária é submetida ainda existe a perda por lucro cessante, que nada mais é que o custo da energia não vendida. A outra parcela do prejuízo é direcionada à população, pois serviços essenciais como os de saúde também ficam inoperantes.

Os desligamentos permanentes de maior duração são, na maioria das vezes, em decorrência da queda de estruturas e quase sempre ocorrem em condições desfavoráveis de atendimento. A dificuldade na logística de transporte de postes através de viaturas de grande porte e de manuseio na implantação dos mesmos em terrenos irregulares são os principais responsáveis pelo aumento no tempo de recomposição do sistema de transmissão.

Diante destas constatações, a CELPE desenvolveu uma série de estudos que visam encontrar soluções mais adequadas às suas necessidades e projetou estruturas leves que podem ser transportadas e montadas manualmente, permitindo recuperar a linha de transmissão, mesmo quando o local do acidente está inacessível às viaturas pesadas e guindautos, necessários ao transporte e montagem de estruturas em concreto armado, em tempo otimizado.

A estrutura versátil, denominada de poste de emergência polimérico, vem agregar diversas vantagens, dentre elas pode-se citar a simplicidade de montagem em função do número mínimo de componentes e técnicas habituais de içamento de estruturas, a facilidade de transporte pelas equipes de manutenção devido ao modulamento do poste e seu formato cônico e o peso reduzido, que chega a cerca de um terço do poste convencional devido à composição polimérica do material.

O fato de o poste ser de composição polimérica lhe confere algumas propriedades adicionais bastante interessantes. A flexibilidade, por exemplo, é um atrativo para situações de esforços severos e não planejados. Os postes de concreto admitem uma tolerância, onde apartir da qual o poste venha a romper-se. Já o de composição polimérica admite uma tolerância bem maior, além de oferecer certa linearidade até sua ruptura.

Outra propriedade interessante é o aumento do NBI do sistema, pois, como é de conhecimento universal, os polímeros apresentam excelente rigidez dielétrica, característica esta não percebida no poste de concreto, que é considerado como um ponto de “terra”.

A vida útil é outro fator que merece destaque, pois enquanto um poste convencional de concreto oferece uma expectativa de 25 anos, o polimérico pode chegar a algo em torno de 80 anos.

Ademais outras características de grande relevância para um componente que fica exposto às condições mais severas possíveis ainda podem ser constatadas tais como, elevado poder de absorção de impacto, inflamabilidade, elevada resistência a ambientes agressivos e velocidade no processo fabril.

Enfim a versatilidade do sistema permite o uso tanto na condição preventiva quanto na corretiva. Na preventiva ele pode ser utilizado na substituição de estruturas com riscos de tombamento, elevação da altura dos condutores em pontos críticos, substituição de cruzetas de grande porte, entre outros. Para a corretiva a utilização é bem mais ampla e pode abrir um leque de soluções, a depender da criatividade da equipe de manutenção. Exemplos como o transporte de postes em rios através de sua flutuação e reparos de postes que sofreram abaloamento realizados no local são frutos da criatividade destas equipes.

## 2.0 - HSISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIA NA CELPE

Antes de descrever a técnica proposta neste artigo para atendimento à emergência quando da quebra total ou parcial de estruturas em linhas de transmissão, se faz necessário um breve registro das soluções adotadas pelo setor de manutenção da Celpe ao longo de alguns anos.

Durante muito tempo a definição das ações a ser tomada quando de uma ocorrência no sistema elétrico ficava a mercê da criatividade dos técnicos de manutenção. Isto na maioria das vezes trazia resultados satisfatórios, pois o comprometimento da equipe com solução do problema e a eficácia na ação sempre foram pontos que mereciam destaque. Todavia alguns requisitos como segurança e tempo de reestabelecimento deixavam a desejar quando comparados com as exigências impostas pelos órgãos reguladores.

Diante disto surgiu a primeira solução para o problema em tela. Foram desenvolvidas estruturas de emergência modulares e treliçadas de ferro. Tais estruturas apresentavam um ganho expressivo na recomposição do sistema elétrico e até mesmo em ações de caráter preventivo. Entretanto, o peso ainda elevado e a perícia necessária para montagem descreditava às estruturas que passavam a ser utilizadas, apenas, em determinadas condições.



FIGURA 1 – Estrutura de emergência de ferro: (a) Módulos treliçados de 4m. (b) Procedimento de montagem. (c) Estrutura montada.

Este fato incomodou o setor de engenharia de manutenção da Celpe e o levou a buscar algo simples de montar e de peso bastante reduzido. Foi aí então que se iniciou uma série de pesquisas com postes de composição polimérica no sentido de adequá-los à realidade de uma estrutura de emergência para linhas de transmissão.

### 3.0 - PROCESSO PRODUTIVO DO POSTE POLIMÉRICO

O poste polimérico tem composição a base de PRFV( Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro ) e apresenta como tecnologia de fabricação a Laminação por Enrolamento (Filament-Winding), a qual utiliza um sistema de matérias primas composta por Resina de Poliéster com características específicas de Dureza Barcol, Elongação, % de Sólidos, Viscosidade, Tempo de Gel e Pico Esotérmico, Fibras de Vidro com Tex 2200 g/km e Filme de Poliéster de 50 g/m², totalmente inertes a corrosão e de grande resistência mecânica.

O processo consiste na aplicação das matérias primas sobre um molde em rotação, de forma a construir por etapas as camadas que constituem a parede dos Postes. De maneira programada, a fibra de vidro impregnada com resina é enrolada sobre o molde na quantidade, proporção e forma estabelecida em projeto, afim de conferir ao poste as características físicas especificadas.

### 4.0 - ENSAIOS E TESTES

Com o objetivo de comprovar a eficácia do produto foram realizados alguns ensaios e testes, conforme descrição a seguir:

#### Trilhamento Elétrico

Avaliação da resistência ao trilhamento elétrico e erosão sob severas condições ambientais pelo método 2A.

Norma: NBR 10296/88.

Resultado:

Estado Final	S – Suportou P – Atuou Proteção C – Combustão T - Trilhou									
Tensão(Kv)	Corpos de Prova									
	1		2		3		4		5	
	Tempo(min)	Estado	Tempo(min)	Estado	Tempo(min)	Estado	Tempo(min)	Estado	Tempo(min)	Estado
1,25	60	S	60	S	60	S	60	S	60	S
1,50	60	S	60	S	60	S	60	S	60	S
1,75	60	S	60	S	60	S	60	S	60	S
2,00	----	----	23	TCP	5	TCP	----	----	----	----
Resistividade da solução do contaminante foi de 390Ω.cm										

Conclusão: Material classificado como 2 A 1,75.

#### Rigidez Dielétrica

Avaliação da rigidez dielétrica do material.

Norma: ASTM D 149.

Resultado:

Corpo-de-prova	kV/mm
1	20,72
2	24,89
3	23,31
4	28,21
5	21,22
6	18,82
7	18,73
8	25,05
9	23,26
10	16,72
Média	22,09
Desvio padrão	3,50

Conclusão: Patamares mostrados acima.

### Inflamabilidade

Avaliação do grau de inflamabilidade do material.

Norma: UL 94.

Resultado:

CP	T1(s)	T2(s)	T3(s)	T1+ T2(S)	T2+ T3(s)	Queima do algodão	Queima Total do CP	Classificação
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não	Não	V-0
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não	Não	V-0
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não	Não	V-0
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não	Não	V-0
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não	Não	V-0
Soma				0,00				
Ensaio em corpos- de- prova(CP) de resina 11.0 condicionados a 70C por 168 horas								

Conclusão: Material classificado como V-0.

### 5.0 - ESPECIFICAÇÃO DO POSTE

Característica	Resultado	Unidade
Comprimento	18000	mm
Profundidade de Engastamento	---	mm
Diâmetro do topo	280	mm
Diâmetro da Base	490	mm
Peso	450	kG
Módulo 1	78	kG
Módulo 2	59	kG
Módulo 3	74	kG
Módulo 4	90	kG
Módulo 5	80	kG
Módulo 6	69	kG
Carga Nominal	300	daN
Carga de Ruptura	600	daN
Flexa com Carga Nominal	Máx. 1800	mm
Flexa Residual ( 1,4 carga nominal )	Máx. 180	mm
Espessura	14	mm
Acabamento	Gel Coat Laranja Emergência	---

### 6.0 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS

#### i. Considerações

Condutor

Código	= LINNET
Tipo	= CAA
Bitola	= 336,4 MCM
Diâmetro	= 18,31 mm
Peso Linear	= 0,6898 kg/m
Área total	= 198,40 mm <sup>2</sup>
Carga de ruptura	= 6396 daN
Módulo de Elasticidade Inicial	= 5856 daN/mm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidade Final	= 7640 daN/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatação linear	= 18,83 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Nº de subcondutores por fase	= 1

As pressões de vento para o cálculo dos esforços transversais e longitudinais foram consideradas de 25 m/s.

### Cargas de vento na estrutura

Para a determinação das forças devidas ao vento na estrutura foi utilizada a mesma pressão de vento, dessa forma para o esforço de vento na estrutura foi considerado:

$$P_{Ve} = 1,226 \times 25^2 / 2$$

$$P_{Ve} = 383 \text{ Pa} \cong 40 \text{ kgf/m}^2$$

### Determinação das cargas

Para a definição das cargas na estrutura de emergência foi considerado o vão médio de 200 metros.

O pressão de vento nos condutores considerada foi de 50 kgf/m².

Para a estrutura em suspensão foram consideradas as seguintes hipóteses:

HIPÓTESE 1 - Vento máximo transversal, cabos intactos.

HIPÓTESE 2 - Construção e manutenção, sem vento.

HIPÓTESE 3 - Conductor rompido, vento reduzido.

Para a estrutura em ancoragem foram consideradas as seguintes hipóteses:

HIPÓTESE 1 - Vento máximo transversal, cabos intactos.

HIPÓTESE 2 - Construção e manutenção, sem vento.

HIPÓTESE 3 - Diferencial de tração, vento máximo.

HIPÓTESE 4 - Diferencial de tração, EDS.

HIPÓTESE 5 - Conductor rompido, vento reduzido.

### Trações utilizadas

Para suspensão:

Estrutura	Conductor			Conductor (vão a ré)	
	Tração EDS (kgf)	Tração V. Máximo (kgf)	Tração V. Reduzido (kgf)	Tração EDS (kgf)	Tração V. Máximo (kgf)
1 e 2	1280	1640	1396	1280	1640

Para Ancoragem:

Nº da estrutura	Conductor			Conductor (vão a ré)	
	Tração EDS (kgf)	Tração V. Máximo (kgf)	Tração V. Reduzido (kgf)	Tração EDS (kgf)	Tração V. Máximo (kgf)
3	1280	1640	1396	780	980

### Observações:

As trações consideradas à ré da estrutura foram utilizadas para o cálculo do diferencial de tração.

Para as estruturas de suspensão as trações à vante e à ré são iguais indicando que, neste tipo de estrutura, o diferencial de tração não existe.

Fatores de sobrecarga utilizados

Cargas transversais para as hipóteses 1, 3, 4 e 5

Cargas transversais para a hipótese 2 (construção e manutenção)

Cargas verticais para as hipóteses 1, 3, 4 e 5

Cargas verticais para a hipótese 2 (construção e manutenção)

Cargas longitudinais para as hipóteses 1, 3, 4 e 5

Cargas longitudinais para a hipótese 2 (construção e manutenção)

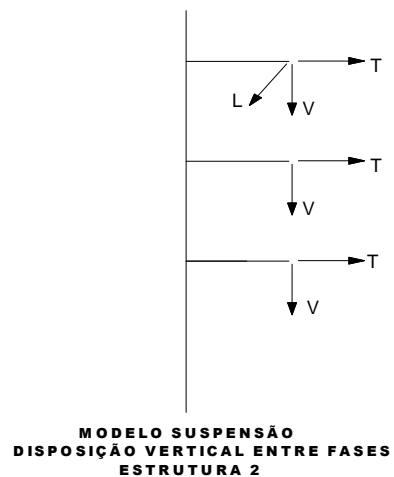
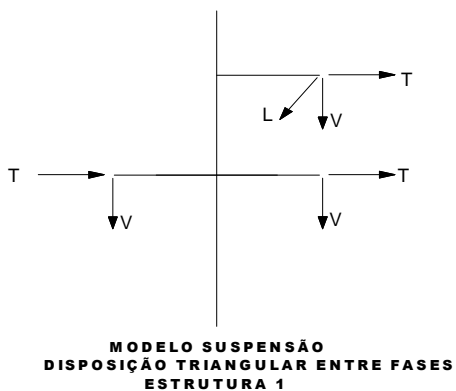
1,10
1,50
1,20
1,50
1,00
1,50

## ii. Árvore de cargas

A estrutura deverá ser projetada para resistir aos esforços apresentados abaixo.

## ➤ Suspensão

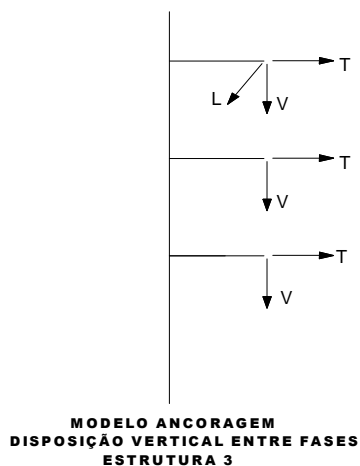
Estrutura	Vão Médio (m)	Ângulo (graus)	Esforços nas fases (kgf)								
			Hipótese 1			Hipótese 2			Hipótese 3		
			T	V	L	T	V	L	T	V	L
1	200	0	229	240	0	0	400	145	82	240	1705
2	200	0	229	240	0	0	400	145	82	240	1705



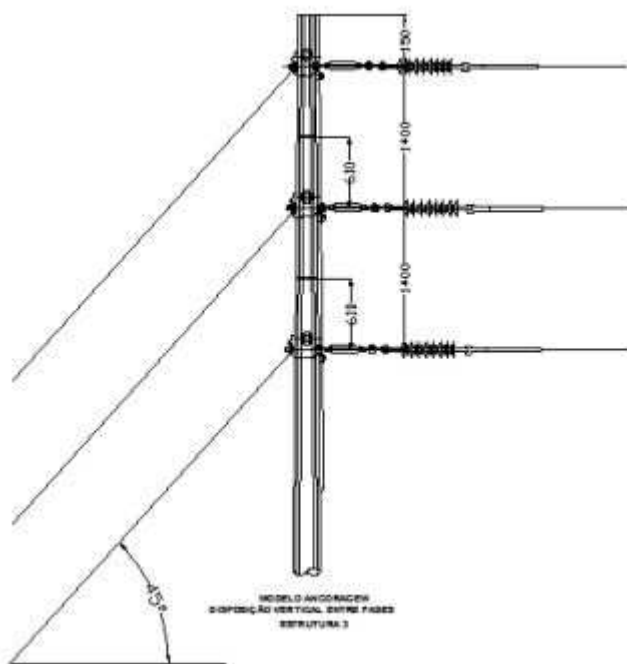
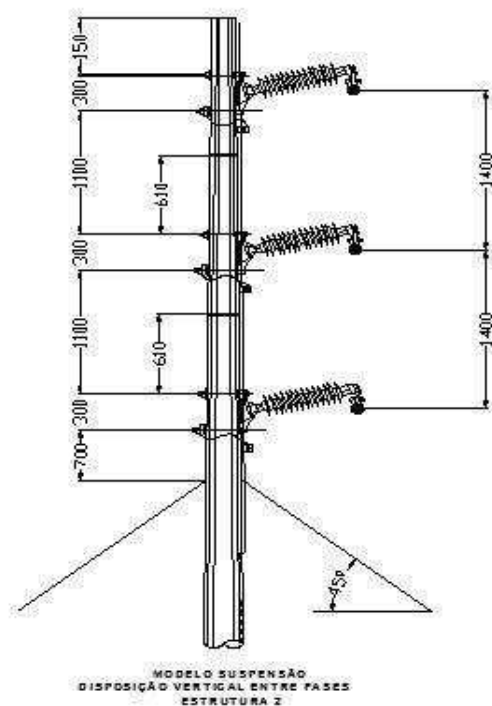
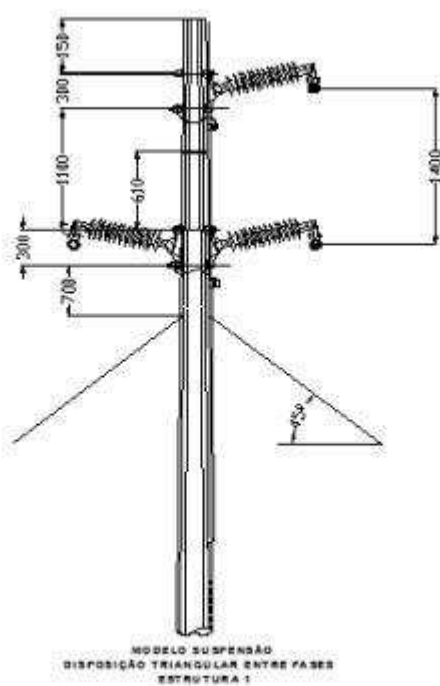
## ➤ Ancoragem

Estrutura	Vão Médio (m)	Ângulo (graus)	Esforços nas fases (kgf)								
			Hipótese 1			Hipótese 2			Hipótese 3		
			T	V	L	T	V	L	T	V	L
3	200	30	1291	240	0	1242	400	145	1291	240	704

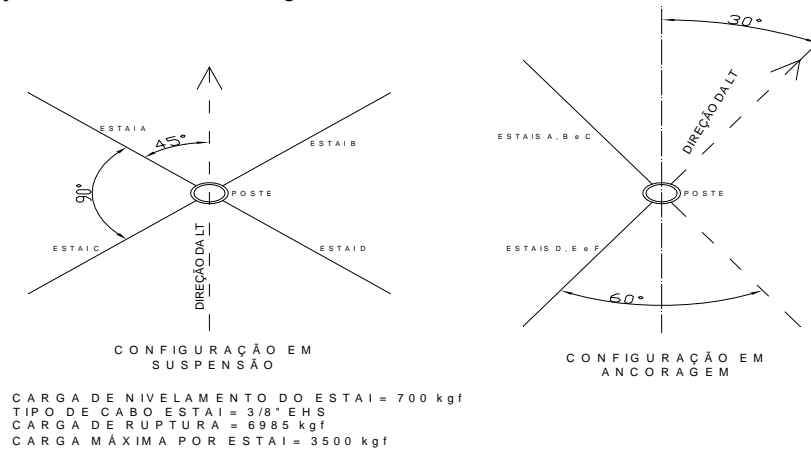
Estrutura	Vão Médio (m)	Ângulo (graus)	Esforços nas fases (kgf)								
			Hipótese 4			Hipótese 5					
			T	V	L	T	V	L			
3	200	30	729	240	500	913	240	1705			



iii. Esquema considerado para o poste



## iv. Configuração do estaimento de montagem



## 7.0 - MONTAGEM E IÇAMENTO DA ESTRUTURA

Para usar o poste polimérico como estrutura de emergência foi necessária uma série de adaptações e melhorias no seu processo de içamento. Os detalhes destas melhorias juntamente com o procedimento de içamento são descritos a seguir:

## 1. Locação dos Pontos de Fixação dos estais

Com a estrutura já posicionada é realizada a marcação dos pontos de fixação dos estais, obedecendo um defasamento de defasamento de 90 graus entre eles. Um desses pontos servirão também para fixação do tifor e posterior içamento da estrutura.

A distância do poste ao ponto de fixação será obtida em função do número de módulos e por conseguinte, a altura útil da estrutura, obedecendo uma angulação de 45 graus entre o estai e poste.



FIGURA 2 – Locação dos pontos de fixação dos estais.

## 2. Montagem da Estrutura

Após definida a direção de içamento do poste e a posição dos pontos de fixação dos estais é realizada a conexão dos módulos, obedecendo as marcações de cada um.



FIGURA 3 – Montagem da estrutura.

## 3. Fixação dos Piquetes e do Tifor

Com os módulos devidamente conectados procede-se a fixação dos piquetes e do tifor no solo.



FIGURA 4 – Fixação dos Piquetes e Tifor.



#### 4. Conexão dos estais

Nesta etapa é realizada a conexão dos estais ao poste, aos piquetes e ao tifor. Para auxílio no equilíbrio da estrutura já neste momento são instaladas diversas cordas.



FIGURA 5 – Conexão dos estais.

#### 5. Instalação do “Pau de Carga”

Para diminuição do esforço empregado para içar o poste lança-se mão do “pau de carga”. Esta ferramenta é instalada a aproximadamente 2/3 da base poste no sentido longitudinal e a 1m no sentido perpendicular, com o objetivo de promover uma angulação entre o cabo de içamento do tifor e o poste. Sua fixação no solo é obtida através da instalação de piquetes de pequeno porte.



FIGURA 6 – Instalação do Pau de Carga.

#### 6. Içamento do poste

Com o auxílio de eletricitistas através de cordas em cada ponto de fixação dos estais prodcede-se o içamento do poste através do manuseio da tifor.



FIGURA 7 – Içamento do poste.

#### 7. Instalação dos isoladores

Nesta etapa procede-se a instalação dos isoladores através da subida do eletricista no poste. Neste momento a estrutura já se encontra devidamente fixada e estável no solo, com todos os esforços das cordas transferidos para os estais.



FIGURA 8 – Instalação dos isoladores.

## 8.0 - BIOGRAFIAS

**Phillip Luiz de Mendonça** nasceu no Brasil em 1980. Recebeu o título de Técnico em Eletrotécnica em 1997 pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco e o de Engenheiro Eletricista em 2006 pela Escola Politécnica de Pernambuco. Desde 2001 trabalha no setor de Engenharia de Manutenção de Linhas e Redes da Celpe e atualmente faz parte do corpo docente dos cursos de Gestão da Manutenção oferecido pela Escola Politécnica de e de Mestrado em Sistema de Potência oferecido pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Marco Antonio Silva Setembro** nasceu em 1960. Recebeu o título de Engenheiro Civil em 1984 pela Faculdade de Engenharia São Paulo. Desde 1985 trabalha no setor de projetos da área de saneamento e a partir de 2009 atua como Diretor de Engenharia da Petrofisa do Brasil, empresa especializada na fabricação de tubulações, postes e cruzetas em Resina de Poliéster reforçadas com Fibras de Vidro.

**Mário José Costa Pinheiro** nasceu no Brasil em 1961. Recebeu o título de Técnico em Eletrotécnica em 1980 pela Escola Técnica Federal da Bahia e o de Engenheiro Eletricista em 2010 pela Faculdade de Ciência e Tecnologia- Área 1. Desde 1993 trabalha no setor de Engenharia de Manutenção de Linhas e Redes da Coelba.