

# **Utilização da Formulação Linear Generalizada para Estimar Perdas Não Técnicas em uma Distribuidora de Energia Elétrica**

**Francis de Asevedo**

**[francis.asevedo@light.com.br](mailto:francis.asevedo@light.com.br)**

**Pedro Ferreira**

**[pedro.Guilherme@fgv.br](mailto:pedro.Guilherme@fgv.br)**

# Agenda

- ▶ **Introdução**
- ▶ **Problema**
- ▶ **Objetivos**
- ▶ **Desenvolvimento**
- ▶ **Resultados**



# Introdução

## O que é perda de energia elétrica:

- ▶ Perda de energia é toda energia injetada no sistema, que não é faturada pelo agente.
- ▶ Podem ser de ordem técnica ou não técnica



## Perdas Técnicas (PTs)

- ▶ Energia que se dissipa ao longo do fio por causas físicas.

## Perdas Não Técnicas (PNTs)

- ▶ Decorrente de fraudes e irregularidades no consumo - famoso “GATO”.
- ▶ Correspondem à 8% de toda energia injetada no sistema brasileiro.
- ▶ Prejuízos financeiros da ordem de R\$ 7Bi anuais.
- ▶ Tratamento regulatório recente – NT 342/2008.

# Introdução

## Tratamento Regulatório das PNTs

- ▶ Perdas gerenciáveis x Perdas não gerenciáveis ?
- ▶ ANEEL definiu % de perdas reconhecido na NT 342/2008.
- ▶ Modelo que compara PNTs realizada entre as distribuidoras e define meta eficiente de PNTs para cada empresa.

## Modelo de Comparação – Yardstick Competition

- ▶ Permite comparação entre empresas que atuam em ambientes heterogêneos.
- ▶ Controla os fatores exógenos através de modelo de regressão.

$$PNT'_i = \alpha' + \beta'x_i$$

$PNT'_i$  = Perdas não técnicas estimadas da empresa i.

$x$  = Vetor de variáveis que explicam heterogeneidade.

$\alpha'$ ;  $\beta'$  = Parâmetros estimados da regressão.

# Problema

## Modelo bem ajustado - Boa definição do nível eficiente de PNTs

- ▶ 1) Especificação do modelo
- ▶ 2) Variáveis que explicam PNTs

## Modelo Nacional – NT 342/2008

- ▶ 1) Dados em painel com efeitos aleatórios.
- ▶ 2) Variáveis socioeconômicas.

Violência	Óbitos por agressão
Desigualdade	Percentual de pessoas com baixa renda
Informalidade	Proporção de pessoas em dom. subnormais
Infra-estrutura	Cobertura do abastecimento de água

- ▶ Ranking das PNTs estimadas → **ÍNDICE DE COMPLEXIDADE SOCIOECONÔMICA (ICS).**

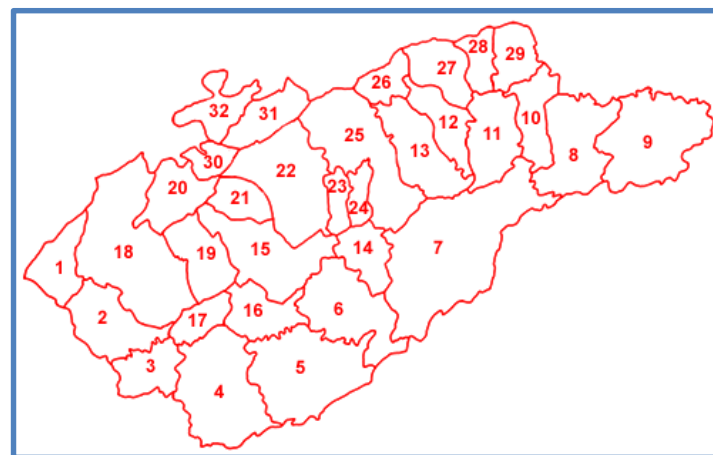
# Objetivos

## Do ICS Brasil ao ICS de uma Distribuidora X:

- Divisão por áreas atendidas por alimentadores.



Empresa	Posição	Índice	Desvio Padrão
CELPA	1º	0.463	0.047
MANAUS ENERGIA	2º	0.456	0.052
LIGHT	3º	0.449	0.058
CEA	4º	0.379	0.035
ELETROPAULO	5º	0.336	0.044
COELCE	6º	0.308	0.027
CEPISA	7º	0.274	0.027
CEMAR	8º	0.272	0.037
CELPE	9º	0.271	0.027
ENERGISA BORBOREMA	10º	0.269	0.027



# Objetivos

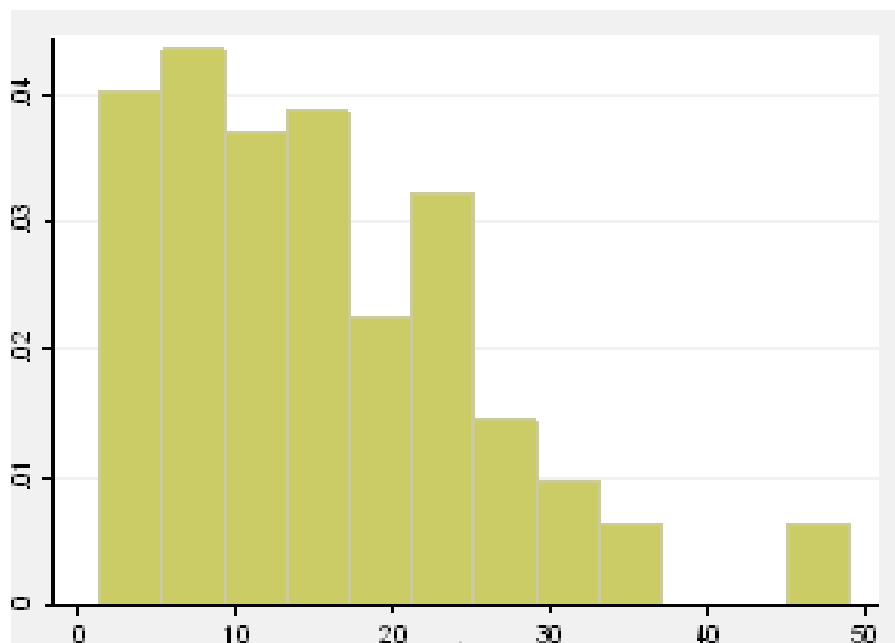
## Diferenças do Modelo Brasil e Modelo para uma Distribuidora.

<b>Modelo Brasil</b>	<b>Modelo p/ uma Distribuidora</b>
Dados em Painel	A decidir
Variável Socioeconômicas	VS + V. Específicas da Paraíba
Sem Interações ou termos <sup>2</sup>	Com Interações e termos <sup>2</sup>
Análise por área de concessão	Análise por alimentadores

# Desenvolvimento

## Distribuição da Variável Explicada - % de PNT.

- ▶ 1) Muitas áreas com baixo % de PNT e poucas áreas com alto % de PNT.
- ▶ 2) Distribuição Assimétrica e contínua.



- ▶ Os dados são  
seguem distribuição  
normal.
- ▶ Proposta Linear  
Generalizada



# Desenvolvimento

## Modelos Lineares Generalizados

- ▶ Fazem face a situações que não são adequadamente explicadas pelo modelo linear normal.
- ▶ Variável Resposta pode ser escrita sob a forma da Família Exponencial.

$$f(y, \theta, \phi) = \exp \left\{ \phi^{-1} [y\theta - b(\theta)] + c(y, \phi) \right\}$$

- ▶ Onde  $b(\theta)$  é uma função conhecida da média, e  $\phi$  é o parâmetro de dispersão da v.a.

$$E(Y) = \mu = b'(\theta) \quad \text{e} \quad \text{Var}(Y) = \phi b''(\theta)$$

# Desenvolvimento

## Modelos Lineares Generalizados

### ► Algumas distribuições e tipos de dados

Distribuição	Tipos de Dados
Poisson	Contagens
Binomial	Proporções
Normal	Contínuos Simétricos
Gama	Contínuos Assimétricos
Normal Inversa	Contínuos Assimétricos

- Para o problema em estudo foram testadas as distribuições Gama e Normal Inversa
- Modelos não alinhados → Escolha do modelo via AIC e BIC; análise dos resíduos e interpretação dos parâmetros.

# Desenvolvimento

## Modelos Propostos:

### ► Gamma com link Log x Normal Inversa com link log

Modelo Gama link log			
pnt_ei	coef.	z	$\rho >  z $
Próprios	-0,3542	-5,51	0,000
Renda	-0,0009	-3,86	0,000
Esgoto	-0,0058	-2,83	0,005
Geladeira	-0,0111	3,02	0,003
Imigante	0,2847	2,43	0,000
_cons	4,9393	9,09	0,000
Estatísticas			
AIC	7,3612	BIC	-612,5132
Log likelihood	-512,9659		

► AIC menor

Modelo Normal Inversa link log			
pnt_ei	coef.	z	$\rho >  z $
Próprios	-0,3699	-5,23	0,000
Renda	-0,0008	-3,16	0,002
Esgoto	-0,0060	-2,59	0,009
Geladeira	-0,0127	3,35	0,001
Imigante	0,3269	2,48	0,013
_cons	4,8976	8,46	0,000
Estatísticas			
AIC	9,2967	BIC	-660,9242
Log likelihood	-649,4213		

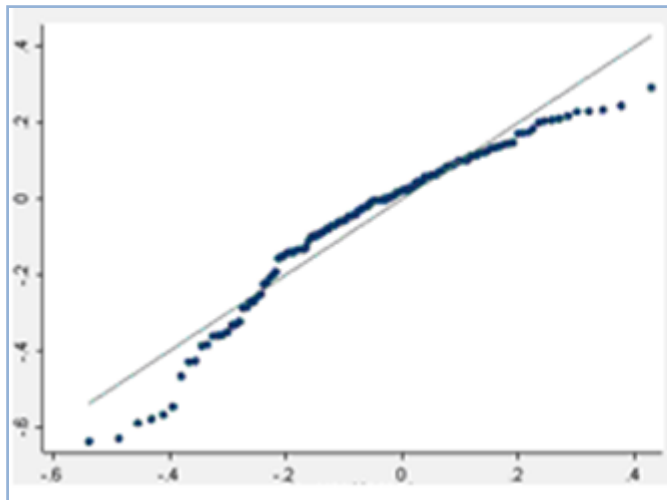
► BIC menor

# Desenvolvimento

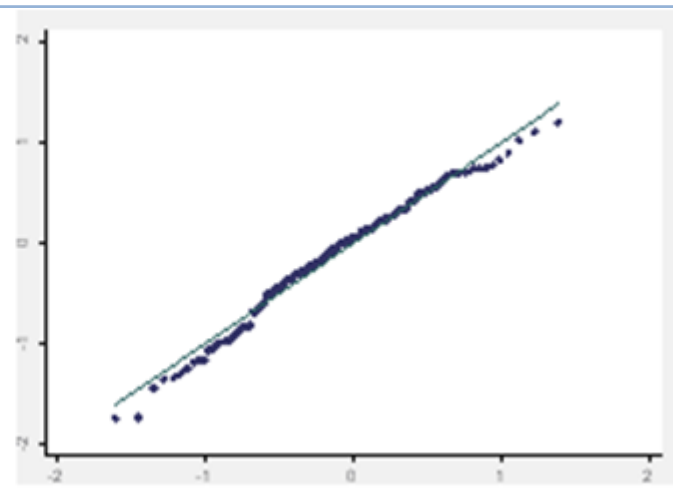
## Análise dos Resíduos

- ▶ **QQ Plot dos Resíduos de Anscombe:**

**Inversa Normal**



**Gama**



- ▶ **Escolha pela GAMA: Resíduos mais aderentes à dist. Normal**

# Desenvolvimento

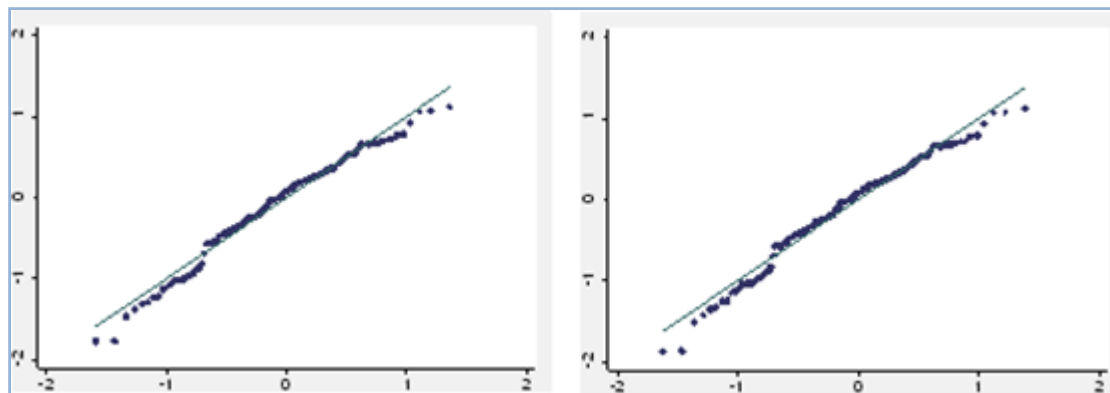
## Modelos Propostos:

- Gama com link Log + interações e termos quadráticos

Modelo Final Gamma link log			
pnt_ei	coef.	z	$\rho >  z $
Próprios	0,1279	1,61	0,108
renda	-0,0010	-4,21	0,000
Próprios_2	-0,0011	-2,05	0,040
geladeira	0,0114	3,15	0,002
irrigante	0,2825	2,46	0,014
_cons	-0,8893	-0,31	0,757
Estatísticas			
AIC	7,3667	BIC	-608,781
Log likelihood	-512,3576		

► Próprios<sup>2</sup>

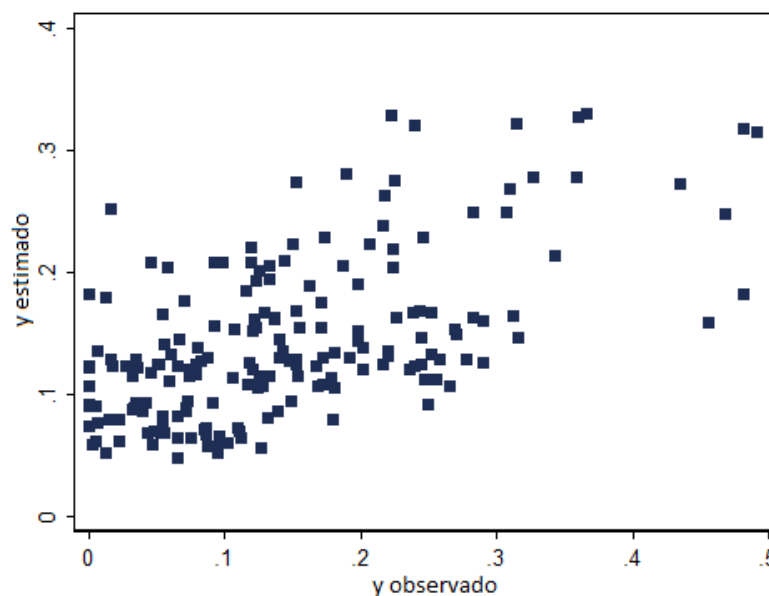
- QQ Plot dos Resíduos de Anscombe e Resíduos da Deviance:



# Desenvolvimento

## Adequação do Modelo

### ► Gráfico PNT's Estimadas x PNT's Observadas:



- Relação de linearidade Estimado x Observado → Modelo proposto foi capaz de captar e estimar os efeitos entre as variáveis socioeconômicas e o nível de perda não técnica.

# Conclusões

## Principais conclusões

**Importância de variáveis específicas para cada distribuidora → Variável de irrigação**

**Inclusão de termos quadráticos → Variáveis que não são encontradas em literaturas prévias.**

**Adequação dos MLGs no tema das PNTs → Proposta ao Modelo Nacional.**

# FIM

Francis de Asevedo – [francis.asevedo@light.com.br](mailto:francis.asevedo@light.com.br)

Pedro Costa Ferreira – [pedro.guilherme@fgv.br](mailto:pedro.guilherme@fgv.br)