



I WORKSHOP PROJETO SINAPSE

Competitividade das Fontes de Geração

Prof. Marciano Morozowski Filho D.Sc.

NTJ TEC Consultoria em Engenharia Ltda.

Rio de Janeiro 09.05.2019

Objetivos e Sumário

• Objetivos

- Análise de fatores de competitividade: fontes consideradas no planejamento do SIN
- Indicadores: Análise Multicritério (Etapa 04) e modelo Sinapse (Etapa 05)

• Sumário

- Análise Conceitual de Indicadores de Competitividade: Histórico e Fundamentos
- Análise Qualitativa de Indicadores de Competitividade: Subsídios e Incentivos (LEN)
- Análise Quantitativa de Competitividade de Fontes: Análise Multicritério (DEA)
- Síntese Analítica: constatações e próximos passos

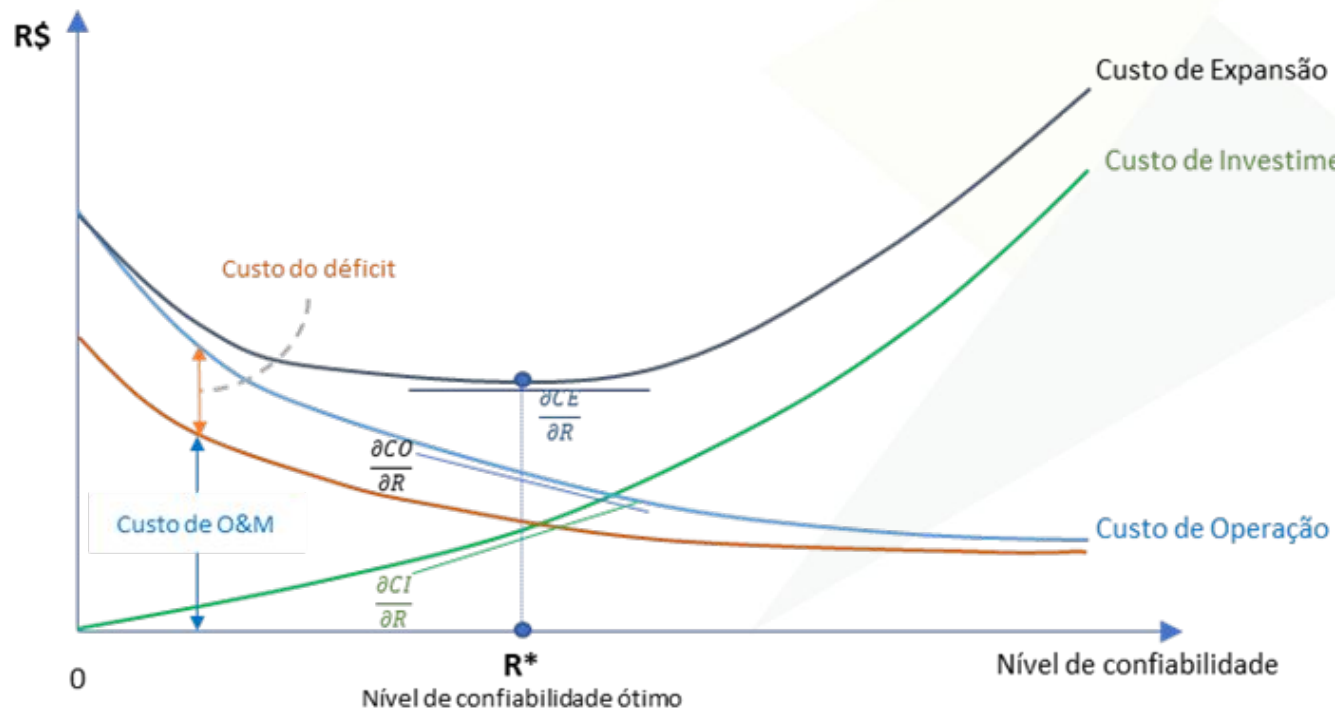
Indicadores de Competitividade: Análise Conceitual

- Objetivos
 - Conceituar processos de decisão e o papel de indicadores técnico-econômicos
 - Fundamentar seleção e parametrização de indicadores técnico-econômicos
- Motivação
 - Revisão da literatura: ausência de sistema de indicadores técnico-econômicos (nível micro)
 - Mudanças na matriz elétrica: necessidade de novos indicadores técnico-econômicos
- Etapas
 - Indicadores Técnico-Econômicos: Referencial e Métricas
 - Processo de Tomada de Decisão: Modelo Conceitual
 - Processo de Planejamento da Expansão: Indicadores Técnico-Econômicos
 - Processo de Decisão de Investimento: Indicadores Econômico-Financeiros
 - Processos de Planejamento e Decisão de Investimento: Convergência de Indicadores

Indicadores Técnico-Econômicos: Referencial e Métricas

- Metodologia de Planejamento da Expansão

- Principal indicador: nível de confiabilidade do sistema
- Processo de decisão: pode ser modelado como problema de otimização
- Nível de confiabilidade: parâmetro no planejamento e indicador na operação



$$\frac{\partial CE}{\partial R} = \frac{\partial CO}{\partial R} + \frac{\partial CI}{\partial R} = 0 \rightarrow \frac{\partial CE}{\partial R} = -\frac{\partial CO}{\partial R} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

CE : custo de expansão

CO : custo de operação

CI : custo de investimento

R : nível de confiabilidade

Processo de Decisão: Modelo Conceitual

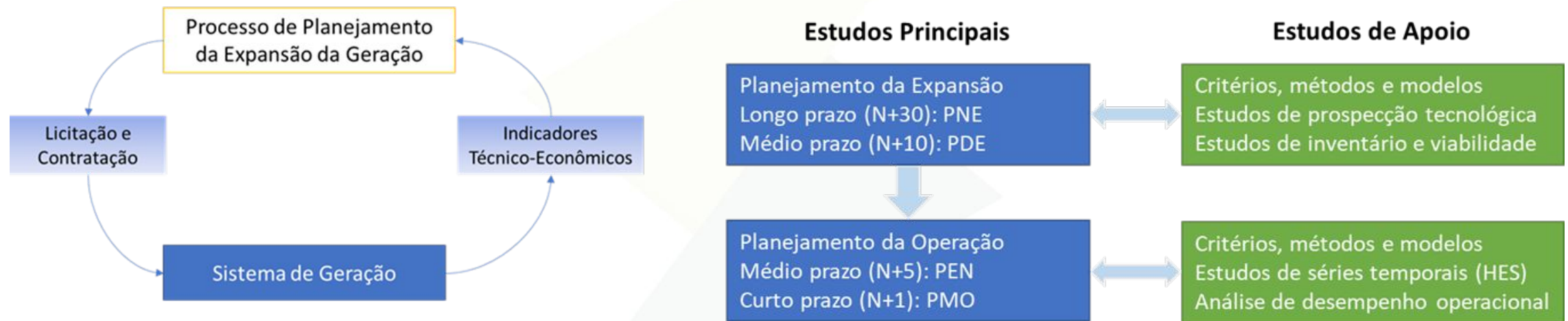
- Pode ser modelado como ciclo de *feedback*
 - Indicadores: base para processo de decisão
 - Informação: contém ruídos e atrasos (estado aparente)
 - Decisões: baseadas no estado aparente do sistema (percepções)
- Processos de decisão no setor elétrico
 - Determinístico: programação da operação (CP)
 - Probabilístico: planejamento da operação (MP)
 - Sob incerteza: planejamento da expansão (LP)



Planejamento da Geração: Processo e Indicadores

- Processo de Decisão sob Incerteza

- Problema complexo: necessidade de decomposição (dividir para conquistar)
- Etapas temporais: grau de precisão da análise x complexidade computacional



- Principais indicadores

- Estudos principais (cronológicos): técnico-econômicos
- Estudos de apoio (não cronológicos): socioambientais

Planejamento da Expansão: Principais Indicadores

- Análise de alternativas de expansão

- Horizonte: médio prazo (PDE)
- Indicador: Valor Anual Equivalente (VAE)
- Custos anuais: comparação econômica de planos de expansão

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

t = período de tempo;

T = período final;

i = taxa de desconto.

- Análise de alternativas tecnológicas

- Horizonte: longo prazo (PNE)
- Indicador: Levelized Cost of Energy (LCOE)
- Custos anuais: comparação econômica de tecnologias de geração

Onde:

INV = investimento inicial;

C_t = custo incorrido no período t;

E_t = energia gerada no período t;

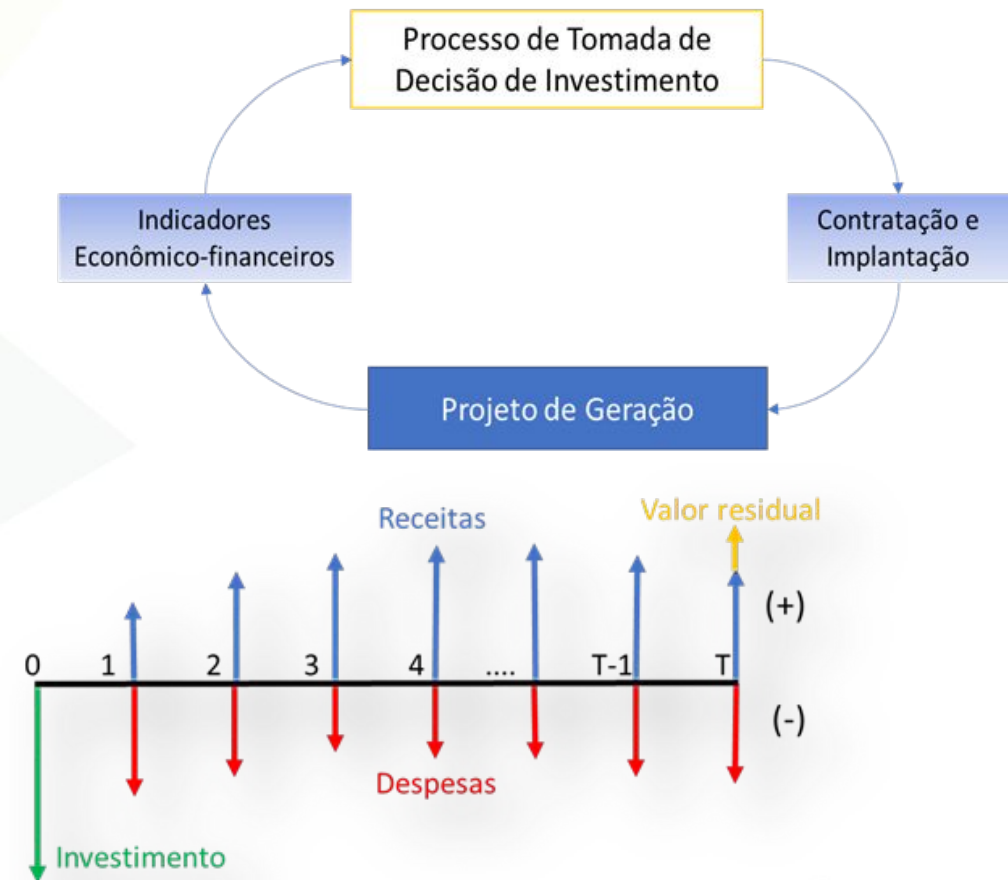
t = período de tempo;

T = período final;

i = taxa de desconto

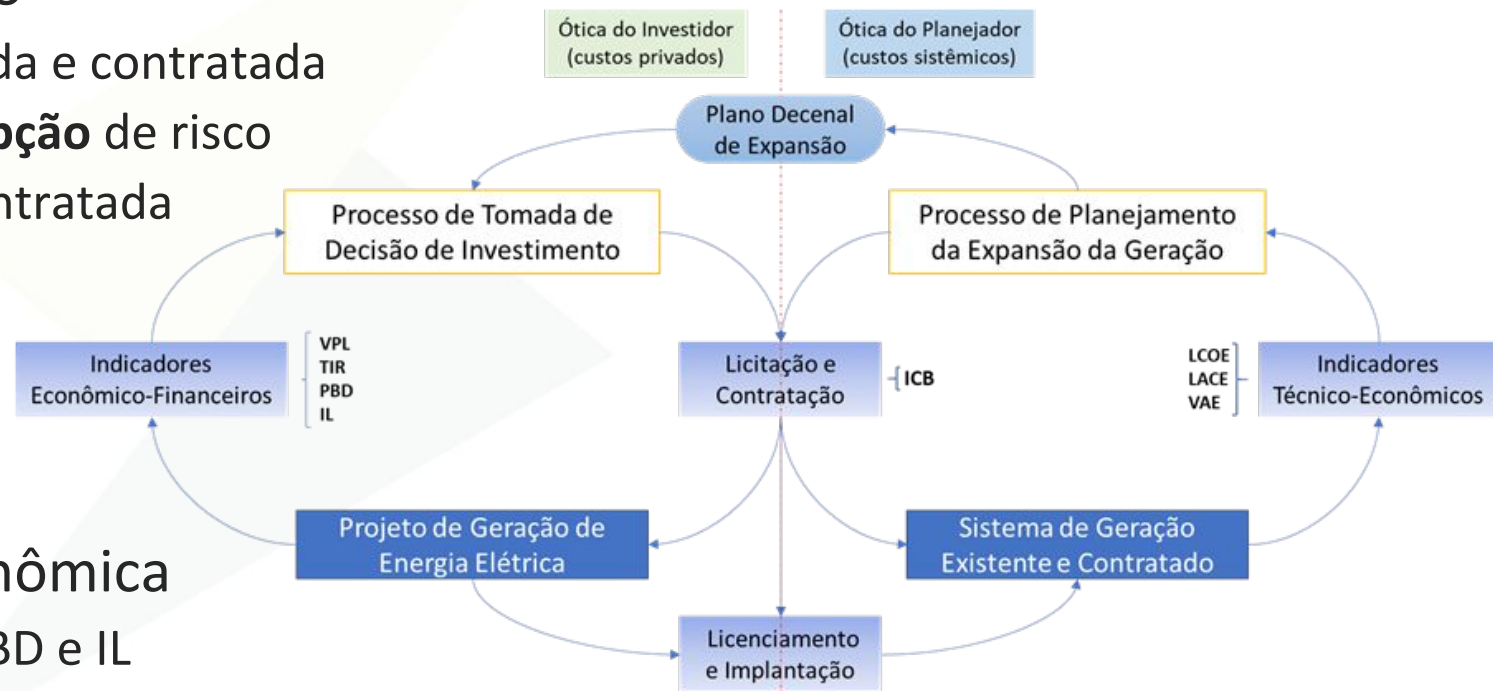
Decisão de Investimento: Processo e Indicadores

- Planejamento da geração
 - PDE: plano de expansão da geração é indicativo
 - Decisão de investimento: agentes de mercado
 - *Driver*: atratividade econômica dos projetos
- Processo de decisão de investimento
 - Base: fluxo de caixa do empreendimento
 - Indicadores de atratividade (ótica privada):
 - Valor Presente Líquido (VPL)
 - Taxa Interna de Retorno (TIR)
 - Payback Descontado (PBD)
 - Índice de Lucratividade (IL)



Planejamento e Decisão de Investimento: Convergência

- Expansão da oferta de geração
 - Materialização: expansão licitada e contratada
 - Atratividade econômica: **percepção** de risco
 - Risco: expansão planejada x contratada



- Indicadores: contestação econômica
 - Ótica do investidor: VPL, TIR, PBD e IL
 - Ótica do planejador: VAE e LCOE
 - Convergência: Índice Custo-Benefício (ICB)

Planejamento e Decisão de Investimento: Convergência

- Índice Custo-Benefício (ICB)
 - Benefício: garantia física (GF)
 - Custos: CAPEX, OPEX, COP e CEC
- Horizontes de análise
 - ICB: ciclo contratual de projeto (conjuntural)
 - LCOE: ciclo de vida de tecnologia (estrutural)
- Conclusão
 - ICB: adequado em MP (PDE)
 - LCOE: adequados em LP (PNE)

Onde:

ICB = índice de custo benefício

CF = custo fixo (CAPEX + O&M fixo);

COP = custo de operação (O&M variável);

CEC = custo econômico de curto prazo;

GF = garantia física do empreendimento.

Indicadores de Competitividade: Análise Qualitativa

- Fatores de competitividade das fontes no mercado
 - ICB: afetado por fatores conjunturais (incentivos e subsídios)
 - Análise dos resultados de leilões no ACR (LEN, LER e LFA)
 - Iniciativas para viabilizar contratação de fontes renováveis no ACL
- Fatores estruturais
 - Intrínsecos a cada tecnologia
 - Existência ou permanência: independe de incentivos ou subsídios
 - Sustentáveis: devem ser considerados no planejamento de longo prazo
- Fatores conjunturais
 - Extrínsecos a cada tecnologia
 - Existência ou permanência: dependem de incentivos ou subsídios
 - Insustentáveis (LP): válidos no prazo de vigência de normas, regulamentos e contratos

Análise Qualitativa: Incentivos

Crescente competitividade da eólica e solar em face das demais fontes.

Incentivos

- Fomento a projetos de P&D e fontes de financiamento voltadas ao desenvolvimento e implementação dessas fontes
- Uso crescente de mecanismos competitivos para contratar energia, políticas de incentivo fiscal e subsídios implícitos ou explícitos
- Alternativas financeiras: debêntures de infraestrutura, linhas de crédito específicas, estratégias de contratação (ACR/ACL)

Subsídios para Energia Renovável

No exterior¹

- Subsídios diretos
- Net metering
- Tarifa-prêmio
- Leilões
- Cotas

- Outros modelos de negócios³
 - Leasing
 - Comunidade Solar

¹Foco em solar, mas não exclusivamente.

³Combinados ou não com os supracitados.

No Brasil²

- Descontos na TUST e na TUSD
- Venda direta a consumidores especiais (0,5 a 3,0 MW)
- Sistema de compensação para micro e mini-GD
- Convênio CONFAZ nº 101/1997
- REIDI
- Debêntures incentivadas
- Redução de Imposto de Renda
- Linhas de financiamento (BNDES, FNMC, CEF etc.)

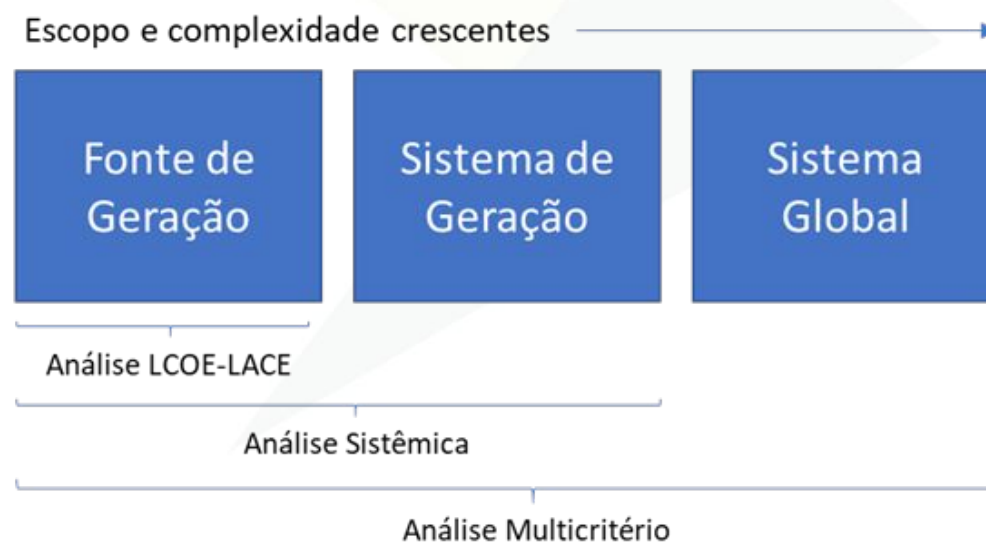
² Alguns destes mecanismos são específicos para a fonte solar

Fatores de Competitividade e Desafios: Síntese

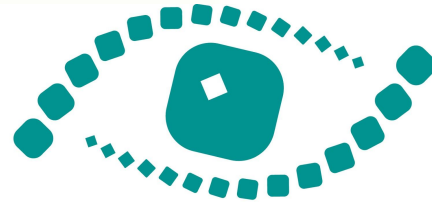
Fonte	Fatores Estruturais	Fatores Conjunturais	Desafios
Eólica	Queda de custos; Avanço tecnológico; Ganho de eficiência; Produção nacional.	Desconto na tarifa-fio no ACL; Linhas de crédito favoráveis (inclui projetos no ACL).	Impacto da queda de custos sobre viabilidade econômico-financeira dos projetos.
Solar	Queda de custos; Ganhos de escala globais; Potencial de insolação do país.	Desconto na tarifa-fio no ACL; Linhas de crédito favoráveis; Regras da REN 482/12.	Revisão da REN 482/12.
PCH	Potencial disponível; Vantagem locacional; Geração sazonal não intermitente.	Desconto na tarifa-fio no ACL; Linhas de crédito favoráveis.	Alta maturidade tecnológica; Limitada redução de custos.
Biomassa de bagaço de cana	Potencial disponível; vantagem locacional; geração sazonal não intermitente; complementaridade com hidrelétricas.	Desconto na tarifa-fio no ACL; Linhas de crédito favoráveis.	Inadimplência na CCEE (dificulta investimentos do setor sucroalcooleiro na geração de energia).
Carvão	Reservas abundantes; Tecnologias HELE; Tecnologias de leito fluidizado; Captura e armazenamento de CO ₂ .	Financiamento suspenso (BNDES);	Custo de tecnologias HELE; Mudanças climáticas; Restrições ambientais mais rígidas.
Nuclear	Reservas abundantes; Geração de base; Baixa emissão de GEE.	Alto custo de Angra III; Ciclo de combustível.	Ciclo de combustível inconcluso; Destino de resíduos nucleares; Alto custo de capital.
Hidrelétricas	Alto potencial disponível; Baixo custo de geração; Baixa emissão de GEE; Armazenagem de energia.	Riscos de licenciamento ambiental; Judicialização do risco hidrológico; Não valoração de externalidades positivas técnicas e ambientais.	Restrições para construção de reservatórios de acumulação; Mudanças climáticas; Licenciamento ambiental.
Térmicas a gás natural	Disponibilidade de GN (Pré-sal e GNL); <i>Gas-to-wire</i> : menor custo de geração e possibilidade de despacho na base.	Acesso à rede de gasodutos.	Revisão contratual com Bolívia; Risco cambial do GNL.

Síntese

- Desenvolvimento e implementação de novos indicadores e métricas no planejamento: deve ser acompanhado por análise de impactos sob óticas do planejador e agentes econômicos
- Exemplo: formulação multicritério com condicionantes socioambientais no conjunto de restrições (não na função objetivo) minimiza impacto dos condicionantes sobre CME
- Implementação gradual de novos indicadores e métricas no planejamento: abordagem por estágios com escopo e grau de complexidade da análise crescentes



Grato pela Atenção!



WeSee

VISÃO DINÂMICA DE SISTEMAS

marciano@ntjtec.com