



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005
Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 09 7502
Tópico: Impacto Econômico e Responsabilidades

IMPACTO ECONÔMICO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

CLÁUDIO DA COSTA TEIXEIRA(*)
S&C ELECTRIC DO BRASIL

CLEVERSON SHINDI TAKIGUCHI
S&C ELECTRIC DO BRASIL

1.0 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo principal abrir uma discussão referente às dificuldades de obtenção de recursos dentro da indústria para investimento em equipamentos de mitigação de problemas associados a qualidade de energia mesmo através da realização de estudos econômicos que comprovam o retorno do capital investido.

A empresa escolhida para a elaboração deste estudo é de grande porte e tem como clientes montadoras do ramo automobilístico situadas em diversas localizações no Brasil e que possui 100% de sua produção voltada para atender a pedidos em carteira, impedindo assim a recuperação de perdas de produção causadas por problemas de qualidade de energia.

2.0 DESENVOLVIMENTO

2.1 Informações gerais sobre a empresa

A empresa tem como produto principal peças fundidas em alumínio. Sua alimentação é feita em na tensão de 13,8kV e é muito susceptível a problemas de afundamentos de tensão devido a seu alimentador derivar de uma subestação de onde saem circuitos rurais que frequentemente são desligados devido a faltas momentâneas.

2.2 Levantamento de custos com problemas de qualidade de energia

Para que seja feito um estudo coerente, faz-se necessário o levantamento e a

organização correta dos dados disponíveis na empresa.

Na tabela 1 encontram-se o levantamento dos custos relacionados com os problemas de qualidade de energia:

TABELA 1 (continua na tabela 2)
Planilha de levantamentos de custos

CUSTO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA		Eventos ocorridos em um
		Sag Swell ou Interr.
Número de Eventos		
Perdas de Produção		
Custos Materiais	Produto/Material perdido:	
	Custo unitário:	\$ -
	Número de produtos/materiais	
	Custo com produto/material perdido:	\$ -
	Disponibilidade do produto	\$ -
	Subtotal - Custos materiais	\$ -
Mão de obra e custos indiretos	Mão de obra e custos indiretos	
	Retrabalho de produto	\$ -
	Limpeza de máquinas	\$ -
	Novo start-up de máquinas	\$ -
	Custos administrativos	\$ -
	Mão de obra disponível não utilizada	\$ -
	Horas-extras	\$ -
	Subtotal - mão de obra e custos indiretos	\$ -

TABELA 2 (continuação da tabela 1)
Planilha de levantamentos de custos

Lucro cessante e outros custos	Outros custos	
	Receita perdida por evento	
	Número de produtos	
	Receita por produto	\$ -
	Total - lucro cessante	\$ -
	Outros custos por evento	
	Equipamentos e máquinas danificadas	\$ -
	Manutenção de equipamentos	\$ -
		\$ -
	Sub-total - outros custos	\$ -
CUSTO TOTAL DE PROB. RELACIONADOS A QUALIDADE DE ENERGIA	CUSTO TOTAL	
	Custo por evento	\$ -
	Número anual de eventos	-
	Custo anual dos eventos	\$ -
		Custo Anual
	Custo total de todos os eventos	\$ -
	Economias (não realizadas)	
	Redução de custo com seguro	\$ -
	Redução da tarifa da concessionária	\$ -
	Economia por consumo fora de ponta	\$ -
Outros	\$ -	
Total de economias não realizada	\$ -	
	CUSTO TOTAL DOS PROBLEMAS DE QUAL. ENERGIA	
	\$ -	

Conforme tabelas 1 e 2, os custos relacionados a qualidade de energia são divididos em:

- a) *Custos Materiais*: representam os custos referentes aos produtos ou matérias primas que são perdidos em função de um problema de qualidade de energia
- b) *Custos de mão de obra e custos indiretos*: são apresentados nesta sessão os custos referentes a:
 - b.1) *retrabalho de produtos*: custo com produtos que possam ser reaproveitados;
 - b.2) *limpeza de máquinas*: em certos processos, tais como uma indústria de laticínios, este processo pode durar horas pois faz-se necessário descontaminar todo o processo antes de se retomar a produção.
 - b.3) *novo start-up de máquinas*: em certos processos, ao ocorrer uma parada de produção, faz-se necessário re-

programar todos os CLP's para reiniciar o processo desde o ponto inicial.

b.4) *custos administrativos*: somam-se neste item custos tais como por exemplo mão de obra de técnicos de PCP (programação e controle de produção) que tem que re-programar a rotina de fábrica, dentre outros.

b.5) *mão de obra disponível não utilizada*: na maioria dos casos, após a ocorrência de um problema relacionado com a qualidade de energia, os operadores de máquinas ficam ociosos até que o processo seja retomado.

b.6) *horas extras*: após a ocorrência de um evento pode ser necessário que os funcionários façam horas extras para recuperar a produção perdida para não comprometer a entrega aos clientes.

- c) *Lucro cessante e outros custos*: são apresentados nesta sessão os custos referentes a:
 - c.1) *receita líquida por produto*
 - c.2) *equipamentos e máquinas danificadas*: é muito comum que equipamentos e máquinas sejam danificadas por um evento de qualidade de energia. Pode-se citar como exemplo um centro de usinagem que pare repentinamente em função de um problema de qualidade de energia e com isto ocorre a quebra de ferramentas que naquele momento estavam processando uma peça.
 - c.3) *manutenção de equipamentos*: é muito comum que equipamentos tenham alguns de seus componentes danificados por problemas relacionados a qualidade de energia.

Após o levantamento dos custos chega-se a um custo por evento, que multiplicado pelo número de ocorrências resulta em um custo total anual. Após a totalização, pode-se, eventualmente, somar ao custo anual as denominadas economias não realizadas, que incluem:

- a) *Redução de custo com seguro*: aplica-se em casos em que a produção é segura.
- b) *Redução da tarifa da concessionária*: uma produção em hora-extra significa um aumento no consumo de energia.

- c) *Economia por consumo fora de ponta*: em empresas que tem contratada uma estrutura tarifária horo-sazonal, muitas vezes faz-se necessário consumir energia extra durante o horário de ponta para recuperar a produção perdida e com isto o consumo é tarifado com um valor maior. Além disso, a demanda durante o horário de ponta pode aumentar, fazendo com que a empresa pague por uma eventual ultrapassagem.

2.3 Levantamento do custo de investimento com soluções

Após o levantamento dos custos, parte-se para a verificação do custo com soluções para os problemas de qualidade apresentados. Neste caso, está sendo feito um estudo comparativo entre duas soluções de mercado, onde são analisadas tanto custos diretos como indiretos.

TABELA 3
Levantamento de custo de soluções

	CUSTO DE INVESTIMENTO	Equip.		
		Modelo		
		kVA		
		kW		
Custo do equipamento	Custo com equipamentos			
	Equipamento		\$0	\$0
	Baterias (quando aplicável)		\$0	\$0
	Sistema de by-pass		\$0	\$0
	Ar condicionado (quando aplicável)		\$0	\$0
	Subtotal - custo com equipamentos		\$0	\$0
Custos de instalação	Custos com instalação			
	Custo da edificação para abrigar o equipamento		\$0	\$0
	Infra-estrutura de instalação		\$0	\$0
	Instalação de baterias, incluindo detector de H2		\$0	\$0
	Cabos de controle e força		\$0	\$0
	Base civil e eletrodutos		\$0	\$0
Sub-total - custos com instalação		\$0	\$0	
Gerador	Gerador, tanque, invólucro e instalação da chave de transferência		\$0	\$0
			\$0	\$0
	Custo total - gerador instalado		\$0	\$0
Total	Custo total do equipamento e gerador instal		\$0	\$0

Conforme tabela 3, para verificar fielmente o investimento necessário faz-se necessário considerar os custos do equipamento e os custos de instalação. Além disso deve ser considerado ainda o custo do gerador de emergência para os casos em que faz-se necessária uma alimentação para interrupções sustentadas cujo tempo vá além da autonomia do equipamento de proteção.

Seguem abaixo os itens considerados como investimento na tabela 3:

- a) *Custo do equipamento*:
- a.1) *Equipamento*: representa somente o custo do aparelho em si, como, por exemplo, uma UPS.
 - a.2) *Baterias*: aplicável para sistemas UPS
 - a.3) *Sistema de bypass*: faz-se necessário para possibilitar a manutenção do equipamento.
 - a.4) *Ar condicionado*: em sistemas UPS faz-se necessário a instalação de sistemas de refrigeração para manter o ambiente controlado para aumentar a vida útil das baterias.
- b) *Custos com instalação*:
- b.1) *Custo da edificação para abrigar o equipamento*
 - b.2) *Infra-estrutura de instalação*
 - b.3) *Instalação de baterias, incluindo detector de H2*: em sistemas do tipo UPS faz-se necessário construir uma sala específica para as baterias, que inclui racks e detectores de H2(emitido durante a carga das baterias)
 - b.4) *Cabos de controle e força*: estão incluídos, além dos cabos, toda a infra-estrutura para sua instalação, incluindo eletrocalhas, muflas, etc.
 - b.5) *Base civil e eletrodutos*
- c) *Gerador*: serve de back-up no caso de interrupções sustentadas e inclui:
- c.1) *Gerador*
 - c.2) *Tanque de combustível*
 - c.3) *Invólucro*
 - c.4) *Instalação da chave de transferência automática*

2.4 Análise de retorno financeiro

Com base nos levantamento de custos relacionados com os problemas de qualidade de energia e no valor de investimento necessário faz-se a análise do retorno de investimento. Neste caso, optou-se por fazer a análise de retorno simples, que desconsidera os custos com depreciação e taxas de juros.

O modelo apresentado faz uma comparação entre duas soluções, levando em conta desde os custos operacionais até o rendimento do equipamento, que muitas vezes não é levado em conta neste tipo de análise e

pode representar um grande diferencial quando considera-se um prazo de alguns anos.

TABELA 4
Análise de retorno (simplificado)

COMPARAÇÃO DE CUSTO E ANÁLISE DE RETORNO DE INVEST.		Equip.	EQ. 1	EQ. 2
		Mod.		
		kVA		
		kW		
COMPARATIVO DE CUSTO DURANTE VIDA ÚTIL	UPS Life Cycle Cost Comparison			
	Manutenção e custo de operação (5 anos)			
	Manutenção	Equipamento	\$0	\$0
	(disponível 24horas)	Acum. Energia	\$0	\$0
		Unidade A/C	\$0	\$0
	Gasto com energia em função da eficiência do equipamento escolhido		\$0,00	\$0
			98%	88%
	Custo de operação de 5 anos		\$0	\$0
	Custo de operação + custo dos equipamentos		\$0	\$0
	Custo por kVA durante o período de 5 anos		\$0	\$0
ANÁLISE DE RETORNO SIMPLIFICADA (RETORNO SIMPLES SEM IMPOSTOS)	Análise de retorno simplificado			
	Número anual de distúrbios			
	sags de tensão		-	-
	interrupções		-	-
	desligamentos		-	-
	total de distúrbios		-	-
	Custo por distúrbio			
	sags de tensão		\$0	\$0
	interrupções		\$0	\$0
	desligamentos		\$0	\$0
	Custo anual por distúrbio		\$0	\$0
	Estimativo anual de economia		\$0	\$0
	Estimativo anual de custos		\$0	\$0
	Total da economia anual		\$0	\$0
	Retorno simplificado (anos)		0,0	0,0
	Custos de investimento	Ano	\$0	\$0
		1	\$ -	\$ -
		2	\$ -	\$ -
		3	\$ -	\$ -
		4	\$ -	\$ -
		5	\$ -	\$ -
		6	\$ -	\$ -
		7	\$ -	\$ -
	Nota: A economia anual não considera custos de depreciação e taxa de juros			
	Análise de retorno			

Conforme tabela 4, as etapas do estudo de retorno são as seguintes:

- a) *Comparativo de custo durante a vida útil:* levam-se em conta os custos com manutenção 24h que é extremamente importante para sistemas de back-up, bem como os custos com as perdas do sistema, considerando um período de análise de 5 anos.

b) *Análise de retorno simplificado:* consideram-se os custos com os problemas de qualidade de energia levantados através das tabelas 1 e 2 e como resultado obtém-se: economia anual e o retorno do investimento em anos.

3.0 RESULTADOS OBTIDOS NO CASO PRÁTICO

Aplicando a metodologia apresentada acima na empresa objeto do artigo, foram obtidos os seguintes resultados:

TABELA 5 (continua na tabela 6)
Planilha de levantamentos de custos
Resultados do Caso Prático:

CUSTO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA		Eventos ocorridos em um ano
Número de Eventos		45
Sag Swell ou Interr.		
Perdas de Produção		
Custos Materiais	Produto/Material perdido:	
	Custo unitário:	\$ 8,00
	Número de produtos/materiais	4
	Custo com produto/material perdido:	\$ 32
	Disponibilidade do produto	\$ -
Subtotal - Custos materiais	\$ 32	
Mão de obra e custos indiretos	Mão de obra e custos indiretos	
	Retrabalho de produto	\$ -
	Limpeza de máquinas	\$ -
	Novo start-up de máquinas	\$ -
	Custos administrativos	\$ -
	Mão de obra disponível não utilizada	\$ -
	Horas-extras	\$ -
	Subtotal - mão de obra e custos indiretos	\$ -
Lucro cessante e outros custos	Outros custos	
	Receita perdida por evento	
	Número de produtos	4
	Receita por produto	\$ 12.686,62
	Total - lucro cessante	\$ 50.746
	Outros custos por evento	
	Equipamentos e máquinas danificadas	\$ 31.388
	Manutenção de equipamentos	\$ 21.000
		\$ -
		\$ -
Sub-total - outros custos	\$ 52.388	

TABELA 6 (continuação da tabela 5)
Planilha de levantamentos de custos
Resultados do Caso Prático

CUSTO TOTAL	
Custo por evento	\$ 103.166
Número anual de eventos	45
Custo anual dos eventos	\$ 4.642.492
Custo Anual	
Custo total de todos os eventos	\$ 4.642.492
Economias (não realizadas)	
Redução de custo com seguro	\$ -
Redução da tarifa da concessionária	\$ -
Economia por consumo fora de ponta	\$ -
Outros	\$ -
Total de economias não realizadas	\$ -
CUSTO TOTAL DOS PROBLEMAS DE QUAL. ENERGIA	\$ 4.642.492

Verifica-se que não foram informados pela empresa em estudos os custos indiretos pois a mesma considera estes desprezíveis em relação aos custos materiais.

Ao final, verifica-se que o custo total com problema relacionados a qualidade de energia chega a U\$ 4.642.492,00.

TABELA 7
Levantamento de custo de soluções
Caso prático

	CUSTO DE INVESTIMENTO	Equip.	UPS	UPS
		Modelo	off-line	on-line
		kVA		
		kW	1250	1250
Custo do equipamento	Custo com equipamentos			
	Equipamento	\$2.040.000	\$1.200.000	
	Baterias (quando aplicável)	\$0	\$500.000	
	Sistema de by-pass	\$0	\$250.000	
	Ar condicionado (quando aplicável)	\$0	\$50.000	
	Subtotal - custo com equipamentos	\$2.040.000	\$2.000.000	
Custos de instalação	Custos com instalação			
	Custo da edificação para abrigar o equipamento	\$30.000	\$67.000	
	Infra-estrutura de instalação	\$5.000	\$25.000	
	Instalação de baterias, incluindo detector de H2	\$0	\$60.000	
	Cabos de controle e força	\$35.000	\$35.000	
	Sub-total - custos com instalação	\$70.000	\$207.000	
Gerador	Gerador, tanque, invólucro e instalação da chave de transferência	\$0	\$0	
		\$0	\$0	
	Custo total - gerador instalado	\$0	\$0	
Total	Custo total do equipamento e gerador instalados	\$2.110.000	\$2.207.000	

TABELA 8
Análise de retorno (simplificado)
Caso prático

COMPARAÇÃO DE CUSTO E ANÁLISE DE RETORNO DE INVEST.		Equip.	UPS	UPS
		Mod. kVA	off-line 1250	on-line 1250
COMPARATIVO DE CUSTO DURANTE VIDA ÚTIL	UPS Life Cycle Cost Comparison			
	Manutenção e custo de operação (5 anos)			
	Manutenção		\$6.000	\$36.000
	(disponível 24horas)		\$0	\$6.000
	Acum. Energia		\$0	\$4.000
	Unidade A/C		\$0	\$4.000
	Gasto com energia em função da eficiência do equipamento escolhido	\$0,03	\$35.282	\$150.334
			98%	92%
	Custo de operação de 5 anos		\$41.282	\$196.334
	Custo de operação + custo dos equipamentos		\$2.151.282	\$2.403.334
Custo por kVA durante o período de 5 anos		\$0	\$0	
Análise de retorno simplificado				
Número anual de distúrbios:				
	sags de tensão		-	-
	interrupções		45	45
	desligamentos		-	-
	total de distúrbios		45	45
Custo por distúrbio:				
	sags de tensão		\$0	\$0
	interrupções		\$103.166	\$103.166
	desligamentos		\$0	\$0
Custo anual por distúrbio				
			\$4.642.492	\$4.642.492
Estimativo anual de economia				
			\$4.642.492	\$4.642.492
Estimativo anual de custos				
			\$8.256	\$39.267
Total da economia anual				
			\$4.634.235	\$4.603.225
Retorno simplificado (anos)				
			0,5	0,5
Custos de investimento				
	Ano		\$2.151.282	\$2.403.334
	1	\$ 2.482.953	\$ 2.199.891	
	2	\$ 7.117.188	\$ 6.803.116	
	3	\$ 11.751.423	\$ 11.406.341	
	4	\$ 16.385.658	\$ 16.009.566	
	5	\$ 21.019.893	\$ 20.612.791	
	6	\$ 25.654.128	\$ 25.216.016	
	7	\$ 30.288.363	\$ 29.819.241	
Nota: A economia anual não considera custos de depreciação e taxa de juros				

Verifica-se que a tanto a UPS do tipo off-line quanto a UPS do tipo on-line apresentam taxa de retorno de aproximadamente 6 meses. Como alternativa pode ser considerada a possibilidade de solicitar à concessionária de energia uma alimentação em uma tensão de 69kV. Para fazer esta análise é necessário considerar os custos de uma nova subestação a ser implementada no cliente, o custo da implantação de um novo circuito de saída na subestação existente da concessionária, bem como o da construção de uma linha de transmissão em 69kV.

Mesmo com esta conclusão embasada em dados históricos de ocorrências que foram registrados pela própria indústria o projeto continua em análise e irá depender de outras análises que serão feitas. Uma das alternativas que devem ser consideradas neste caso seria o investindo do mesmo capital na ampliação da linha de produção e conviver com o problema de qualidade de energia.

4.0 CONCLUSÃO

Ao final do estudo verifica-se que após a primeira análise, a solução da aplicação de um equipamento para mitigar os problemas de qualidade de energia é viável para a empresa, porém, poderia ainda ser analisada a alternativa de utilizar o mesmo capital investido, por exemplo, na ampliação da linha de produção, ficando este estudo por conta da indústria.

Conclui-se que as principais contribuições do trabalho seriam:

- Apresentação de uma metodologia detalhada de levantamento de custos associados a perdas causadas por problemas de qualidade de energia;
- Abrir uma discussão referente ao receio das indústrias em investir em sistemas de melhoria de qualidade de energia mesmo

- frente a estudos que comprovam a sua viabilidade econômica.

5.0 REFERÊNCIAS

ELETROBRÁS/GCOI/USP. **Custo de interrupção no fornecimento de energia elétrica.** Relatório, São Paulo, Março, 1991. 130p.

EPRI, 1990. **Cost-benefit analysis of power system reliability: determination of interruption costs.** EL-6791, v.1, Research project 2878-1, Final Report, April, 1990.

IEEE. **Report on reliability survey of industrial plants.** Part II: cost of power outages, plant restart time, critical service, loss duration time, and type of loads versus time of power outages. IEEE Transactions on Industry Applications, v.1 A-10, n.2, March-April, 1973.

KARIUKI,K. **Assesment of customer outage costs due to electric service interruptions.** Department of Electrical Engineering and Electronics, Manchester, Inglaterra, 1991.