

6 Resultados

6.1. Introdução

Os modelos para definição das metas globais e locais de continuidade do fornecimento, formulados nos capítulos 4 e 5 respectivamente, devem ser operados sequencialmente.

Primeiro, o modelo para definição das metas globais compara os desempenhos das concessionárias, e em seguida, o modelo para estabelecimento das metas locais compara os desempenhos dos conjuntos de unidades consumidoras, pertencentes a uma mesma área de concessão, e define metas locais compatíveis com as metas globais estabelecidas pelo primeiro modelo.

Formulando-se cada modelo como um problema de programação linear, a implementação computacional é bastante facilitada em virtude da variedade de bibliotecas de rotinas para resolver tais problemas, por exemplo, a *Optimization Subroutine Library* (OSL) da IBM (IBM, 1996) e *Lindo API*²⁰ da *Lindo Systems Inc.* (<http://www.lindo.com>).

No caso do modelo para definição das metas globais, por tratar-se de um modelo DEA clássico, ainda existe a possibilidade de utilizar pacotes comerciais, tais como o *Frontier Analyst* da Banxia Software (<http://www.banxia.com>) e o *DEA-Solver* da Saitech (<http://www.saitech-inc.com>), cuja versão para demonstração é disponibilizada em Cooper et al. (2000).

Entre as diversas possibilidades de implementação, optou-se por criar um protótipo com base no objeto *Solver* que integra a planilha eletrônica *Excel*. Esta escolha justifica-se pela grande difusão das planilhas eletrônicas, assim como pela conveniência dos diversos recursos gráficos na apresentação dos resultados. A programação das planilhas baseou-se em alguns exemplos disponibilizados em Ragsdale (2004).

²⁰Application Programming Interface (API)

Quanto à origem dos dados imputados nos modelos, coletaram-se dados anuais referentes ao período 2000/2002 na Abradee, na Aneel e nas concessionárias de energia elétrica. A escolha deste período deve-se à coincidência com o início da regulação da continuidade com base na Resolução Aneel nº 024/2000.

No endereço eletrônico da Abradee (www.abradee.org.br) coletaram-se informações acerca do mercado de energia elétrica (consumo e consumidores) por classe de consumo, agregados por concessionária de distribuição.

Os atributos dos conjuntos de unidades consumidoras (área do conjunto, consumo, potência instalada, número de unidades consumidores, extensão da rede aérea primária, DEC, FEC e tipo do sistema – interligado ou isolado) foram obtidos por meio de consultas à Superintendência de Regulação da Distribuição (SRD) da Aneel.

Nos endereços eletrônicos das concessionárias obtiveram-se informações de mercado e dados sobre a rede elétrica, importantes na depuração dos dados analisados. A consulta aos endereços das concessionárias também forneceu informações sobre a divisão geográfica das áreas de concessão.

Com base neste conjunto de dados, aplicou-se o modelo proposto para definição das metas de continuidade do fornecimento, cujos resultados obtidos são apresentados e discutidos a seguir.

A aplicação do modelo para definição das metas locais é ilustrada por dois estudos de caso, onde são definidas as metas de continuidade para os conjuntos de unidades consumidoras da Light e da Ampla, as principais concessionárias de distribuição que atendem o Estado do Rio de Janeiro. A escolha destas concessionárias deve-se à maior familiaridade do autor com a região geográfica atendida por estas duas distribuidoras.

6.2. Estabelecendo as metas globais de continuidade do fornecimento

As metas globais de continuidade são estabelecidas pelo modelo DEA formulado no capítulo 4, um modelo CRS ou VRS orientado ao produto, com restrições nos insumos e produtos virtuais, onde as características do mercado atendido (participação da classe industrial, consumo por consumidor e mercado

por quilômetro de rede) são as variáveis insumos e os indicadores $Max(DEC)/DEC$ e $Max(FEC)/FEC$ são as variáveis produtos.

Dada a natureza aleatória dos indicadores de continuidade, as variáveis *outputs* foram definidas com base nos valores médios do DEC e do FEC no período 2000/2002. Assim, as metas a serem estabelecidas são válidas para o período após 2002.

O índice de eficiência (θ) calculado pelo modelo avalia quanto os indicadores de continuidade de uma concessionária podem melhorar em relação ao desempenho da pior concessionária da amostra analisada. A relação entre o índice de eficiência e as metas de continuidade são estabelecidas pelas fórmulas 4.20 e 4.21, reescritas a seguir:

$$DEC_{META} = DEC_0 / \theta \quad (6.1)$$

$$FEC_{META} = FEC_0 / \theta \quad (6.2)$$

onde DEC_0 e FEC_0 denotam os valores médios para a concessionária avaliada.

Em função da grande heterogeneidade entre as concessionárias de distribuição, o conjunto de 45 empresas analisadas foi previamente dividido nos três grupos (*clusters*) de empresas, apresentados na Figura 27 e ilustrado novamente na Figura 31.

Bandeirante Piratininga	Eletropaulo Light	Manaus	Urussanga Iguazu
CPFL	CEEE Ampla	Ceb	CPEE Eletrocar Panambi
Aes-Sul Celesc Escelsa RGE		Celpa Ceron	Santa Maria
Cemig Copel Elektro	Celg	Cemat Enersul	Chesp Poços
	Celpe Coelba Coelce	Cosern Energipe	Ceal Cemar Saelpa

Figura 31: Agrupamentos de concessionárias de distribuição

Em cada grupo de empresas a análise comparativa de desempenho foi efetuada pelo mesmo modelo DEA, nas versões CRS e VRS. A solução de cada

modelo DEA definiu para cada concessionária duas alternativas para as metas globais de continuidade e como era esperado, o modelo CRS definiu as metas globais mais rigorosas.

A seguir, na Tabela 20, apresentam-se as metas globais para as concessionárias classificadas no *cluster A*, juntamente com os níveis de redução em relação aos valores iniciais de DEC e FEC (média no período 2000/2002).

Tabela 20: Metas globais de continuidade para as concessionárias do *cluster A*

Empresas	Eficiência (θ)		DEC (horas por ano)			FEC (interrupções por ano)		
	CRS	VRS	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial
AES-Sul <i>redução</i>	2,55	2,55	8,44 -61%	8,44 -61%	21,54	7,03 -61%	7,03 -61%	17,94
Ampla <i>redução</i>	1,96	1,00	10,01 -49%	19,64 0%	19,64	10,51 -49%	20,62 0%	20,62
Bandeirante <i>redução</i>	2,53	1,75	4,33 -61%	6,28 -43%	10,97	4,04 -61%	5,85 -43%	10,23
CEEE <i>redução</i>	2,05	1,00	11,29 -51%	23,17 0%	23,17	10,14 -51%	20,79 0%	20,79
Celesc <i>redução</i>	2,35	2,35	8,96 -57%	8,96 -57%	21,03	7,34 -57%	7,34 -57%	17,23
Cemig <i>redução</i>	1,00	1,00	11,51 0%	11,51 0%	11,51	6,91 0%	6,91 0%	6,91
Copel <i>redução</i>	1,19	1,00	12,05 -16%	14,38 0%	14,38	11,62 -16%	13,87 0%	13,87
CPFL <i>redução</i>	1,00	1,00	6,36 0%	6,36 0%	6,36	5,65 0%	5,65 0%	5,65
Elektro <i>redução</i>	1,00	1,00	10,46 0%	10,46 0%	10,46	8,31 0%	8,31 0%	8,31
Eletropaulo <i>redução</i>	1,57	1,55	7,30 -36%	7,37 -36%	11,43	5,46 -36%	5,51 -36%	8,54
Escelsa <i>redução</i>	1,52	1,51	9,04 -34%	9,11 -34%	13,77	7,57 -34%	7,63 -34%	11,53
Light <i>redução</i>	1,00	1,00	8,00 0%	8,00 0%	8,00	6,56 0%	6,56 0%	6,56
Manaus <i>redução</i>	2,46	2,25	6,18 -59%	6,76 -56%	15,22	5,02 -59%	5,50 -56%	12,38
Piratininga <i>redução</i>	1,86	1,31	5,49 -46%	7,84 -23%	10,24	3,63 -46%	5,19 -23%	6,77
RGE <i>redução</i>	1,90	1,62	10,65 -47%	12,48 -38%	20,26	9,01 -47%	10,55 -38%	17,13

O modelo CRS identificou quatro concessionárias eficientes: Cemig, CPFL, Elektro e Light. Nestas concessionárias os indicadores globais de continuidade já se encontram em níveis adequados (redução = 0%).

O modelo VRS, identificou mais três concessionárias eficientes: Ampla, CEEE e Copel. A Ampla foi considerada eficiente, pois apresenta a menor participação da classe industrial entre as empresas do *cluster A*. A Copel foi

classificada como eficiente, em função do menor nível na variável MWh/km. Por fim, a CEEE apresenta o menor consumo por consumidor.

Embora as metas sejam revistas a cada revisão tarifária, a Aneel concede um prazo de duas revisões tarifárias, cerca de oito anos, para que as concessionárias se ajustem aos novos padrões de continuidade. Durante este período, os padrões decaem gradualmente até atingirem as metas globais no último ano. Assim, evita-se comprometer o equilíbrio econômico e financeiro da concessão.

Nesta perspectiva, as metas propostas pelo modelo DEA parecem razoáveis, pois os níveis de redução indicados na Tabela 20 são da mesma ordem de grandeza das variações observadas nos históricos de DEC e FEC das concessionárias (Tabelas 21 e 22).

Tabela 21: Histórico do DEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Varição 1997/2004	Varição 2001/2004
AES-Sul	23,13	17,53	18,26	24,45	20,42	19,75	18,94	14,21	-39%	-30%
Ampla	47,96	31,15	25,64	16,67	17,95	24,3	22,21	19,47	-59%	8%
Bandeirante		16,29	13,49	9,63	10,89	12,4	8,2	6,53	-60%	-40%
CEEE	26,94	24,99	27,19	22,71	24,76	22,04	20,86	16,87	-37%	-32%
Celesc	29,71	30,86	25,38	21,95	20,93	20,2	23,74	18,28	-38%	-13%
Cemig	12,89	11,58	9,98	10,15	11,37	13,01	10,74	10,93	-15%	-4%
Copel	15,4	13,33	12,4	13,76	13,05	16,32	18,9	14,04	-9%	8%
CPFL	8,63	8,54	7,69	6,84	5,82	6,43	5,35	5,34	-38%	-8%
Elektro	9,08	11,01	11,99	9,86	9,56	11,97	9,82	9,88	9%	3%
Eletropaulo	17,70	19,13	20,29	11,87	8,28	14,13	8,20	8,92	-50%	8%
Escelsa	22,14	17,90	18,69	13,86	12,91	14,53	10,68	11,44	-48%	-11%
Light	16,60	15,14	10,44	6,89	7,06	10,05	8,74	8,30	-50%	18%
Manaus		31,98	35,19	36,00	19,34	15,82	15,82	28,43	-11%	47%
Piratininga						10,24	6,52	6,85	-33%	-33%
RGE	30,00	22,24	17,15	15,95	20,08	24,74	25,54	23,87	-20%	19%

Fonte : Abradee

Tabela 22: Histórico do FEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Varição 1997/2004	Varição 2001/2004
AES-Sul	27,22	19,98	17,11	18,59	18,85	16,38	13,27	10,57	-61%	-44%
Ampla	40,89	29,79	25,32	21,47	20,42	19,96	17,03	14,15	-65%	-31%
Bandeirante		13,83	11,43	9,39	12,82	8,47	6,47	5,48	-60%	-57%
CEEE	29,67	26,17	31,86	19,69	22,28	20,41	18,98	14,32	-52%	-36%
Celesc	19,25	19,10	17,09	17,9	17,08	16,71	15,67	13,48	-30%	-21%
Cemig	8,90	7,88	6,98	6,55	6,85	7,34	6,42	6,58	-26%	-4%
Copel	17,07	14,47	13,37	13,44	12,46	15,70	16,55	14,19	-17%	14%
CPFL	6,53	7,15	7,84	5,73	5,21	6,00	5,09	5,00	-23%	-4%
Elektro	7,28	8,94	9,55	8,15	7,87	8,90	7,69	7,21	-1%	-8%
Eletropaulo	11,93	10,72	11,26	9,14	7,18	9,30	6,61	6,14	-49%	-14%
Escelsa	16,86	15,34	14,34	12,63	11,02	10,94	8,77	9,67	-43%	-12%
Light	14,69	14,37	9,83	6,66	6,10	6,93	6,22	6,35	-57%	4%
Manaus		24,00	38,96	35,45	21,52	18,49	16,37	26,86	12%	25%
Piratininga					1,65	6,77	5,06	5,65	-17%	242%
RGE	29,62	21,09	18,25	13,80	16,98	20,60	15,46	15,04	-49%	-11%

Fonte : Abradee

Nas Tabelas 21 e 22, as áreas em cinza indicam as concessionárias que em 2004 (último ano do histórico) já atendiam as metas definidas pelo modelo DEA/CRS. Coincidentemente, estas concessionárias são as eficientes.

A seguir, na Tabela 23, apresentam-se as metas globais para as concessionárias classificadas no *cluster B*, juntamente com os níveis de redução em relação aos valores iniciais de DEC e FEC (média no período 2000/2002).

Tabela 23: Metas globais para as concessionárias classificadas no *cluster B*

Empresas	Eficiência (θ)		DEC (horas por ano)			FEC (interrupções por ano)		
	CRS	VRS	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial
Ceal <i>redução</i>	1,78	1,58	17,33 -44%	19,52 -37%	30,87	13,05 -44%	14,69 -37%	23,24
Celg <i>redução</i>	1,74	1,55	13,63 -43%	15,34 -35%	23,78	15,60 -43%	17,55 -35%	27,20
Celpa <i>redução</i>	2,13	1,96	14,16 -53%	15,40 -49%	30,20	15,67 -53%	17,05 -49%	33,43
Celpe <i>redução</i>	1,12	1,05	14,28 -11%	15,29 -4%	15,99	12,94 -11%	13,85 -4%	14,49
Celtins <i>redução</i>	1,67	1,00	26,24 -40%	43,70 0%	43,70	23,17 -40%	38,58 0%	38,58
Cemar <i>redução</i>	2,10	1,36	27,43 -52%	42,28 -27%	57,66	17,44 -52%	26,88 -27%	36,67
Cemat <i>redução</i>	2,30	2,18	10,80 -57%	11,43 -54%	24,87	13,95 -57%	14,76 -54%	32,10
Cepisa <i>redução</i>	1,68	1,00	28,64 -41%	48,22 0%	48,22	22,93 -41%	38,61 0%	38,61
Ceron <i>redução</i>	4,20	3,55	16,16 -76%	19,11 -72%	67,84	19,20 -76%	22,71 -72%	80,60
Coelba <i>redução</i>	1,03	1,00	20,65 -3%	21,33 0%	21,33	11,75 -3%	12,14 0%	12,14
Coelce <i>redução</i>	1,69	1,37	16,13 -41%	19,91 -27%	27,22	14,05 -41%	17,34 -27%	23,70
Cosern <i>redução</i>	1,00	1,00	11,95 0%	11,95 0%	11,95	10,89 0%	10,89 0%	10,89
Energipe <i>redução</i>	1,25	1,05	9,98 -20%	11,84 -5%	12,47	9,40 -20%	11,15 -5%	11,75
Enersul <i>redução</i>	1,00	1,00	12,51 0%	12,51 0%	12,51	11,84 0%	11,84 0%	11,84
Saelpa <i>redução</i>	1,26	1,00	20,59 -21%	26,00 0%	26,00	13,54 -21%	17,10 0%	17,10

No *cluster B*, o modelo CRS identificou apenas duas concessionárias eficientes: Cosern e Enersul. Já o modelo VRS, identificou mais quatro concessionárias eficientes: Celtins, Cepisa, Coelba e Saelpa. A Celtins foi considerada eficiente por apresentar a menor participação da classe industrial entre as empresas do *cluster B*, enquanto que a Cepisa foi considerada eficiente por apresentar o menor consumo por consumidor.

Comparando-se os níveis de redução sugeridos pelos modelos DEA, com as variações dos indicadores DEC e FEC no período histórico (Tabelas 24 e 25), pode-se concluir que as metas definidas pelos modelos DEA são razoáveis e podem ser alcançadas em um prazo de oito anos. Nas Tabelas 24 e 25, observa-se que já em 2004 algumas concessionárias do *cluster* B alcançaram as metas globais de DEC e FEC.

Tabela 24: Histórico do DEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Variação 1997/2004	Variação 2001/2004
Ceal	44,47	34,74	30,92	35,09	27,65	29,88	28,20	23,56	-47%	-15%
Celg	13,95	27,07	22,16	21,83	25,97	23,53	23,61	21,64	55%	-17%
Celpsa	78,44	106,19	38,94	28,29	29,46	32,84	29,43	31,04	-60%	5%
Celpe	18,39	14,32	15,46	16,34	15,48	16,16	12,86	15,96	-13%	3%
Celtins	62,54	77,25	69,72	42,91	42,52	45,66	38,48	33,22	-47%	-22%
Cemar	44,03	49,25	36,86	38,67	67,54	66,78	67,94	63,45	44%	-6%
Cemat	60,07	47,99	42,96	29,22	22,74	22,64	24,43	31,21	-48%	37%
Cepisa	74,74	67,05	57,65	56,39	42,98	45,30	50,68	50,85	-32%	18%
Ceron	135,63	186,22	103,19	77,98	56,15	69,40	51,89	37,03	-73%	-34%
Coelba	31,56	32,55	24,99	24,91	21,69	17,40	15,97	15,22	-52%	-30%
Coelce	33,56	22,83	27,03	36,03	24,97	20,67	16,36	14,60	-56%	-42%
Cosern	42,37	34,08	23,17	13,47	10,86	11,52	10,62	12,40	-71%	14%
Energipe	25,54	20,78	15,65	15,66	9,16	12,6	12,86	13,35	-48%	46%
Enersul	23,03	18,54	17,18	12,87	10,65	14,00	11,06	9,47	-59%	-11%
Saelpa	55,12	94,70	40,64	34,16	21,14	22,70	25,37	38,16	-31%	81%

Fonte : Abradee

Tabela 25: Histórico do FEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Variação 1997/2004	Variação 2001/2004
Ceal	26,06	23,19	22,74	25,50	21,56	22,65	21,68	18,74	-28%	-13%
Celg	12,82	32,12	26,64	23,89	30,21	27,50	24,14	19,26	50%	-36%
Celpsa	59,07	64,66	38,72	30,20	31,72	38,37	31,70	30,73	-48%	-3%
Celpe	16,33	13,7	16,41	15,34	14,51	13,62	9,02	9,37	-43%	-35%
Celtins	75,62	96,27	78,15	40,31	40,69	34,73	31,24	27,84	-63%	-32%
Cemar	24,14	18,74	30,62	29,03	40,62	40,35	37,28	39,31	63%	-3%
Cemat	83,23	75,4	64,41	39,80	30,31	26,19	26,13	24,71	-70%	-18%
Cepisa	56,79	50,24	46,82	46,54	31,50	37,78	35,45	41,65	-27%	32%
Ceron	163,78	162,6	108,79	94,15	71,87	75,79	63,87	50,19	-69%	-30%
Coelba	15,74	18,04	14,38	11,68	12,30	12,43	10,91	9,25	-41%	-25%
Coelce	34,09	26,88	25,66	31,75	22,15	17,21	15,53	11,95	-65%	-46%
Cosern	25,70	22,05	19,47	11,14	11,01	10,53	8,49	9,40	-63%	-15%
Energipe	18,33	15,32	13,44	13,50	10,48	11,26	10,26	9,61	-48%	-8%
Enersul	18,14	16,30	14,57	13,69	10,41	11,42	9,53	8,03	-56%	-23%
Saelpa	34,76	59,23	33,88	26,12	14,27	10,91	9,89	14,30	-59%	0%

Fonte : Abradee

Por fim, na Tabela 26 apresentam-se as metas globais para as concessionárias classificadas no *cluster* C, onde o modelo CRS identificou três concessionárias eficientes: Caiuá, Poços de Caldas e Santa Maria, e o modelo VRS classificou mais três concessionárias como sendo eficientes: Chesep (menor

nível da variável MWh/km), Eletroacre (menor participação da classe industrial) e Sulgipe (menor consumo por consumidor).

Tabela 26: Metas globais de continuidade para as concessionárias do *cluster C*

Empresas	Eficiência (θ)		DEC (horas por ano)			FEC (interrupções por ano)		
	CRS	VRS	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial	Meta CRS	Meta VRS	Valor inicial
Boa Vista <i>redução</i>	2,21	1,73	9,15 -55%	11,68 -42%	20,17	17,29 -55%	22,08 -42%	38,14
Caiuá <i>redução</i>	1,00	1,00	7,34 0%	7,34 0%	7,34	10,28 0%	10,28 0%	10,28
Cat-Leo <i>redução</i>	1,10	1,03	9,41 -9%	10,09 -3%	10,39	11,53 -9%	12,37 -3%	12,73
Ceb <i>redução</i>	1,38	1,28	9,50 -27%	10,19 -22%	13,09	10,28 -27%	11,03 -22%	14,17
Cenf <i>redução</i>	2,23	2,21	8,61 -55%	8,70 -55%	19,20	10,15 -55%	10,26 -55%	22,64
Chesp <i>redução</i>	1,74	1,00	13,29 -43%	23,12 0%	23,12	39,00 -43%	67,85 0%	67,85
Cpee <i>redução</i>	1,20	1,06	7,20 -17%	8,13 -6%	8,62	7,97 -17%	9,01 -6%	9,55
Eletroacre <i>redução</i>	2,78	1,00	14,04 -64%	39,08 0%	39,08	23,65 -64%	65,82 0%	65,82
Eletrocar <i>redução</i>	4,31	3,66	5,84 -77%	6,87 -73%	25,15	9,08 -77%	10,69 -73%	39,13
Iguaçu <i>redução</i>	2,45	1,90	4,85 -59%	6,26 -47%	11,88	7,55 -59%	9,75 -47%	18,52
Panambi <i>redução</i>	2,21	1,97	5,39 -55%	6,07 -49%	11,93	11,63 -55%	13,08 -49%	25,74
Poços <i>redução</i>	1,00	1,00	6,58 0%	6,58 0%	6,58	8,58 0%	8,58 0%	8,58
Santa Maria <i>redução</i>	1,00	1,00	8,73 0%	8,73 0%	8,73	9,26 0%	9,26 0%	9,26
Sulgipe <i>Redução</i>	1,48	1,00	13,63 -32%	20,14 0%	20,14	16,36 -32%	24,17 0%	24,17
Urussanga <i>Redução</i>	7,54	2,49	3,03 -87%	9,17 -60%	22,88	2,53 -87%	7,66 -60%	19,10

Tabela 27: Histórico do DEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Varição 1997/04	Varição 2001/04
Boa Vista	40,94	99,36	57,41	25,02	22,66	12,83	8,18	7,07	-83%	-69%
Caiuá	7,54	8,64	10,00	5,57	6,23	10,22	7,15	5,11	-32%	-18%
Cat-Leo	9,26	8,42	10,61	8,70	10,50	11,96	9,30	9,45	2%	-10%
Ceb	20,12	17,7	15,20	15,40	11,70	12,18	10,58	10,81	-46%	-8%
Cenf	18,49	13,14	22,90	18,38	16,83	22,38	19,19	14,47	-22%	-14%
Chesp	39,26	30,91	36,26	34,85	17,96	16,54	16,30	17,05	-57%	-5%
CPEE	11,46	8,75	13,56	7,78	5,38	12,71	5,46	6,34	-45%	18%
Eletroacre	89,49	103,8	75,87	64,08	35,53	17,63	20,83	16,23	-82%	-54%
Eletrocar	33,97	23,83	29,52	25,04	18,42	32,00	26,29	27,08	-20%	47%
Iguaçu	14,00	14,82	10,94	9,75	10,97	14,93	17,28	7,55	-46%	-31%
Panambi	9,45	18,66	16,45	12,86	9,97	12,97	11,27	11,76	24%	18%
Poços	16,88	14,95	9,04	7,56	6,32	5,86	4,37	8,97	-47%	42%
S. Maria	19,18	15,23	15,28	7,63	8,44	10,13	9,02	8,06	-58%	-5%
Sulgipe	30,53	45,71	37,02	24,31	16,19	19,93	14,41	13,78	-55%	-15%
Urussanga	20,50	3,03	7,69	28,80	14,37	25,46	12,84	14,03	-32%	-2%

Fonte : Abradee

Tabela 28: Histórico do FEC

Empresas	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Varição 1997/04	Varição 2001/04
Boa Vista	68,95	73,56	66,37	47,42	38,39	28,61	20,83	16,89	-76%	-56%
Caiuá	12,25	12,22	14,03	11,00	8,66	11,17	7,78	5,83	-52%	-33%
Cat-Leo	18,46	14,09	11,65	11,86	14,77	11,57	8,84	8,57	-54%	-42%
Ceb	23,10	21,09	16,48	14,35	12,71	15,45	11,65	13,94	-40%	10%
Cenf	36,66	35,94	14,63	24,03	24,94	18,89	11,88	10,29	-72%	-59%
Chesp	67,65	48,38	100,3	81,65	71,31	50,59	35,58	40,57	-40%	-43%
CPEE	10,92	6,73	10,58	8,33	7,55	12,77	7,94	6,68	-39%	-12%
Eletroacre	104,5	117,3	78,10	94,75	56,9	45,80	34,48	22,99	-78%	-60%
Eletrocar	50,01	37,02	35,93	36,47	38,4	42,53	24,92	26,64	-47%	-31%
Iguaçu	19,88	16,14	10,97	12,10	14,46	29,00	25,73	16,64	-16%	15%
Panambi	27,00	33,63	28,97	27,84	24,43	24,94	13,18	13,31	-51%	-46%
Poços	23,95	17,38	10,55	10,70	7,74	7,30	7,61	7,26	-70%	-6%
S. Maria	14,56	19,31	11,78	11,74	8,71	7,33	5,34	5,60	-62%	-36%
Sulgipe	32,31	36,73	32,02	33,53	17,94	21,03	16,54	15,08	-53%	-16%
Urussanga	13,30	6,04	6,88	13,22	17,68	26,40	15,26	19,97	50%	13%

Fonte : Abradee

Nas Tabelas 27 e 28, observa-se que algumas concessionárias do *cluster C*, não classificadas como eficientes, já alcançaram as metas definidas pelos modelo DEA/CRS. No caso do FEC, metade das concessionárias alcançaram as metas, mesmo empresas que atendem sistemas isolados como a Boa Vista e Eletroacre.

A seguir, nas Tabelas 29, 30 e 31 apresentam-se os conjuntos de referência das concessionárias analisadas.

Tabela 29: Conjuntos de referência (*peer set*) das concessionárias do *cluster A*

	Conjuntos de referência e os respectivos coeficientes (λ) nos modelos CRS e VRS						
	Ampla	Ceee	Cemig	Copel	CPFL	Elektro	Light
AES-Sul					0,3349 ^{CRS} 0,3796 ^{VRS}	0,6887 ^{CRS} 0,6204 ^{VRS}	
Ampla	1 ^{VRS}				0,6081 ^{CRS}		
Bandeirante					1,4488 ^{CRS} 1,0000 ^{VRS}		
Ceee		1 ^{VRS}			0,5616 ^{CRS}		
Celesc					0,2244 ^{CRS} 0,2719 ^{VRS}	0,8007 ^{CRS} 0,7281 ^{VRS}	
Cemig			1 ^{CRS, VRS}				
Copel				1 ^{VRS}	0,1929 ^{CRS}	0,5150 ^{CRS}	
CPFL					1 ^{CRS, VRS}		
Elektro						1 ^{CRS, VRS}	
Eletropaulo					0,1939 ^{CRS} 0,8367 ^{VRS}		0,9395 ^{CRS} 0,1633 ^{VRS}
Escelsa					0,0798 ^{CRS} 0,2212 ^{VRS}	1,0121 ^{CRS} 0,7788 ^{VRS}	
Light							1 ^{CRS, VRS}
Manaus					0,2513 ^{CRS} 1,0000 ^{VRS}		1,0037 ^{CRS}
Piratininga					1,3884 ^{CRS} 1,0000 ^{VRS}		0,0473 ^{CRS}
RGE		0,2465 ^{VRS}		0,1215 ^{VRS}	0,3460 ^{CRS}	0,4132 ^{CRS} 0,6319 ^{VRS}	

Tabela 30: Conjuntos de referência (*peer set*) das concessionárias do *cluster B*

Conjuntos de referência e os respectivos coeficientes (λ) nos modelos CRS e VRS						
	Celtins	Cepisa	Coelba	Cosern	Enersul	Saelpa
Ceal		0,2680 ^{VRS}	0,2555 ^{VRS}	0,7188 ^{CRS} 0,3556 ^{VRS}	0,0765 ^{CRS}	0,1210 ^{VRS}
Celg		0,3125 ^{VRS}		0,1978 ^{CRS} 0,0428 ^{VRS}	0,6631 ^{CRS} 0,6447 ^{VRS}	
Celpa		0,3155 ^{VRS}		0,1585 ^{CRS} 0,1404 ^{VRS}	0,6796 ^{CRS} 0,5441 ^{VRS}	
Celpe		0,2900 ^{VRS}		0,6960 ^{CRS} 0,6793 ^{VRS}	0,1552 ^{CRS} 0,0307 ^{VRS}	
Celtins	1 ^{VRS}				0,5001 ^{CRS}	
Cemar		0,7255 ^{VRS}	0,0179 ^{VRS}	0,3705 ^{CRS} 0,0161 ^{VRS}	0,2103 ^{CRS}	0,2404 ^{VRS}
Cemat				0,1943 ^{VRS}	1,0701 ^{CRS} 0,8057 ^{VRS}	
Cepisa		1 ^{VRS}		0,0573 ^{CRS}	0,4295 ^{CRS}	
Ceron	0,5416 ^{VRS}				0,7293 ^{CRS} 0,4584 ^{VRS}	
Coelba			1 ^{VRS}	0,7731 ^{CRS}	0,0501 ^{CRS}	
Coelce		0,4823 ^{VRS}		0,7261 ^{CRS} 0,4381 ^{VRS}	0,0415 ^{CRS} 0,0119 ^{VRS}	0,0678 ^{VRS}
Cosern				1 ^{CRS,VRS}		
Energipe				1,1862 ^{CRS} 1,0000 ^{VRS}		
Enersul					1 ^{CRS,VRS}	
Saelpa				0,7185 ^{CRS}	0,0181 ^{CRS}	1 ^{VRS}

Tabela 31: Conjuntos de referência (*peer set*) das concessionárias do *cluster C*

Conjuntos de referência e os respectivos coeficientes (λ) nos modelos CRS e VRS						
	Caiuá	Chesp	Eletroacre	Poços	Santa Maria	Sulgipe
Boa Vista	0,7430 ^{CRS} 0,4274 ^{VRS}	0,5726 ^{VRS}				
Caiuá	1 ^{CRS,VRS}					
Cat-Leo					0,8848 ^{CRS} 0,7008 ^{VRS}	0,2992 ^{VRS}
Ceb	0,0645 ^{CRS} 0,0068 ^{VRS}		0,1859 ^{VRS}		0,8424 ^{CRS} 0,8073 ^{VRS}	
Cenf					0,9794 ^{CRS} 0,9466 ^{VRS}	0,0534 ^{VRS}
Chesp		1 ^{VRS}			0,5120 ^{CRS}	
Cpee	0,1789 ^{CRS}			0,2773 ^{VRS}	1,0006 ^{CRS} 0,7227 ^{VRS}	
Eletroacre	0,4975 ^{CRS}		1 ^{VRS}			
Eletrocar	0,1396 ^{CRS} 0,1466 ^{VRS}			0,4868 ^{VRS}	1,1788 ^{CRS} 0,3666 ^{VRS}	
Iguaçu					1,6027 ^{CRS} 1,0000 ^{VRS}	
Panambi	0,3642 ^{VRS}			0,6358 ^{VRS}	1,3347 ^{CRS}	
Poços				1 ^{CRS,VRS}		
Santa Maria					1 ^{CRS,VRS}	
Sulgipe					0,6149 ^{CRS}	1 ^{VRS}
Urussanga				1,0000 ^{VRS}	3,4557 ^{CRS}	

No mapa de Kohonen (Figura 31), observa-se que os conjuntos de referência ocupam regiões vizinhas às respectivas concessionárias. Esta proximidade indica que as concessionárias são comparáveis aos seus conjuntos de referência e que,

portanto, os *benchmarks* identificados são plausíveis, assegurando a qualidade dos resultados obtidos.

Para verificar a robustez dos resultados obtidos, fez-se uma análise de sensibilidade, na qual foram eliminadas as variáveis insumos e produtos, uma de cada vez, do modelo DEA. Lo et al. (2001) utilizam o mesmo procedimento para analisar a sensibilidade dos resultados de um modelo DEA e também para identificar os pontos fracos e fortes das DMUs analisadas, ou seja, quais as variáveis insumos e produtos mais importantes na definição dos índices de eficiência das DMUs. A seguir, nas Tabelas 32 e 33, apresentam-se os resultados da análise de sensibilidade para as concessionárias classificadas no *cluster A*. Para cada variável eliminada mostram-se as metas resultantes e os desvios em relação as metas estabelecidas pelo modelo completo (modelo com as cinco variáveis).

Tabela 32: Análise de sensibilidade das metas globais de DEC (*cluster A*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND
AES-Sul	8,10	8,54	5,59	7,42	8,41	8,58	6,65	7,62
<i>desvio</i>	-0,34	0,10	-2,86	-1,02	-0,04	0,14	-1,80	-0,82
Ampla	10,46	9,91	9,96	9,70	19,64	17,55	19,64	19,64
<i>desvio</i>	0,45	-0,09	-0,05	-0,31	0,00	-2,09	0,00	0,00
Bandeirante	4,39	3,09	4,57	4,32	6,36	6,28	6,28	6,28
<i>desvio</i>	0,06	-1,24	0,24	-0,02	0,09	0,00	0,00	0,00
CEEE	11,33	11,51	9,03	9,76	23,17	23,17	11,95	13,08
<i>desvio</i>	0,04	0,21	-2,26	-1,53	0,00	0,00	-11,22	-10,09
Celesc	8,50	9,03	5,96	8,08	8,90	9,08	6,72	8,24
<i>desvio</i>	-0,46	0,07	-3,00	-0,88	-0,06	0,11	-2,24	-0,72
Cemig	10,14	10,69	8,04	11,51	10,14	10,73	8,43	11,51
<i>desvio</i>	-1,37	-0,82	-3,47	0,00	-1,37	-0,78	-3,08	0,00
Copel	12,57	11,65	6,49	11,82	14,38	14,38	6,73	14,38
<i>desvio</i>	0,53	-0,39	-5,56	-0,22	0,00	0,00	-7,64	0,00
CPFL	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36
<i>desvio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elektro	10,46	10,38	7,12	10,46	10,46	10,46	7,36	10,46
<i>desvio</i>	0,00	-0,08	-3,34	0,00	0,00	0,00	-3,11	0,00
Eletropaulo	6,55	4,02	7,70	6,08	6,58	7,17	7,91	7,17
<i>desvio</i>	-0,75	-3,28	0,40	-1,22	-0,78	-0,19	0,55	-0,19
Escelsa	9,15	8,39	6,27	9,11	9,16	8,42	6,62	9,20
<i>desvio</i>	0,11	-0,65	-2,77	0,07	0,05	-0,68	-2,49	0,09
Light	7,68	5,23	8,00	6,40	8,00	6,72	8,00	6,72
<i>desvio</i>	-0,32	-2,77	0,00	-1,60	0,00	-1,28	0,00	-1,28
Manaus	5,88	4,02	6,29	5,18	6,36	6,76	6,76	6,76
<i>desvio</i>	-0,30	-2,16	0,11	-1,00	-0,39	0,00	0,00	0,00
Piratinga	4,46	4,62	5,62	5,46	6,36	7,84	7,84	7,84
<i>desvio</i>	-1,04	-0,87	0,13	-0,04	-1,48	0,00	0,00	0,00
RGE	10,45	10,65	6,95	10,14	12,28	12,54	7,31	10,35
<i>desvio</i>	-0,21	0,00	-3,71	-0,51	-0,20	0,07	-5,16	-2,12
Soma dos desvios	-3,59	-12,00	-26,15	-8,28	-4,19	-4,71	-36,20	-15,14

Tabela 33: Análise de sensibilidade das metas globais de FEC (*cluster A*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND
AES-Sul	6,95	7,11	4,65	6,18	6,99	7,15	5,54	6,35
<i>desvio</i>	<i>-0,08</i>	<i>0,08</i>	<i>-2,38</i>	<i>-0,85</i>	<i>-0,04</i>	<i>0,11</i>	<i>-1,50</i>	<i>-0,69</i>
Ampla	9,28	10,41	10,45	10,18	20,62	18,42	20,62	20,62
<i>desvio</i>	<i>-1,23</i>	<i>-0,10</i>	<i>-0,06</i>	<i>-0,32</i>	<i>0,00</i>	<i>-2,20</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Bandeirante	3,90	2,88	4,26	4,02	5,65	5,85	5,85	5,85
<i>desvio</i>	<i>-0,14</i>	<i>-1,16</i>	<i>0,22</i>	<i>-0,02</i>	<i>-0,20</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
CEEE	9,98	10,33	8,11	8,76	20,79	20,79	10,72	11,74
<i>desvio</i>	<i>-0,16</i>	<i>0,19</i>	<i>-2,03</i>	<i>-1,37</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-10,07</i>	<i>-9,05</i>
Celesc	7,28	7,40	4,88	6,62	7,33	7,44	5,51	6,75
<i>desvio</i>	<i>-0,06</i>	<i>0,06</i>	<i>-2,46</i>	<i>-0,72</i>	<i>-0,01</i>	<i>0,09</i>	<i>-1,83</i>	<i>-0,59</i>
Cemig	6,91	6,42	4,83	6,91	6,91	6,45	5,06	6,91
<i>desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,49</i>	<i>-2,09</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,47</i>	<i>-1,85</i>	<i>0,00</i>
Copel	9,99	11,24	6,26	11,40	13,87	13,87	6,49	13,87
<i>desvio</i>	<i>-1,63</i>	<i>-0,38</i>	<i>-5,36</i>	<i>-0,22</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-7,37</i>	<i>0,00</i>
CPFL	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
<i>Desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Elektro	8,20	8,24	5,65	8,31	8,31	8,31	5,84	8,31
<i>Desvio</i>	<i>-0,11</i>	<i>-0,07</i>	<i>-2,65</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-2,47</i>	<i>0,00</i>
Eletropaulo	5,63	3,01	5,75	4,54	5,78	5,36	5,91	5,36
<i>Desvio</i>	<i>0,18</i>	<i>-2,45</i>	<i>0,30</i>	<i>-0,91</i>	<i>0,27</i>	<i>-0,14</i>	<i>0,41</i>	<i>-0,14</i>
Escelsa	6,93	7,03	5,25	7,63	6,95	7,05	5,55	7,70
<i>Desvio</i>	<i>-0,64</i>	<i>-0,55</i>	<i>-2,32</i>	<i>0,06</i>	<i>-0,68</i>	<i>-0,57</i>	<i>-2,08</i>	<i>0,08</i>
Light	6,56	4,29	6,56	5,25	6,56	5,51	6,56	5,51
<i>desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>-2,27</i>	<i>0,00</i>	<i>-1,31</i>	<i>0,00</i>	<i>-1,05</i>	<i>0,00</i>	<i>-1,05</i>
Manaus	5,07	3,27	5,11	4,21	5,65	5,50	5,50	5,50
<i>desvio</i>	<i>0,04</i>	<i>-1,76</i>	<i>0,09</i>	<i>-0,81</i>	<i>0,15</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Piratinga	3,95	3,05	3,72	3,61	5,65	5,19	5,19	5,19
<i>desvio</i>	<i>0,32</i>	<i>-0,58</i>	<i>0,09</i>	<i>-0,03</i>	<i>0,46</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
RGE	8,77	9,01	5,87	8,58	10,34	10,61	6,18	8,75
<i>desvio</i>	<i>-0,24</i>	<i>0,00</i>	<i>-3,13</i>	<i>-0,43</i>	<i>-0,21</i>	<i>0,06</i>	<i>-4,37</i>	<i>-1,79</i>
Soma dos desvios	-3,74	-9,48	-21,78	-6,94	-0,26	-4,17	-31,13	-13,24

No caso do *cluster A*, a eliminação de uma variável produto (DEC* e FEC*) não altera significativamente as metas estabelecidas pelo modelo completo (CRS ou VRS), conforme mostram os desvios nas Tabelas 32 e 33. Além disso, observa-se que as somas dos desvios são menores quando um produto é eliminado.

As metas de continuidade são mais sensíveis à eliminação de uma variável insumo. Em particular, a não consideração da variável MWh/km resulta em desvios expressivos em relação às metas definidas pelo modelo completo, atribuindo metas mais rigorosas para empresas com os menores níveis nesta variável, ou seja, empresas que atendem mercados mais esparsos.

A eliminação dos insumos CPC (consumo por consumidor) e % IND (participação da classe industrial) tem um impacto menor sobre as metas, quando comparado com o efeito produzido pela eliminação da variável MWh/km. Além disso, o impacto da retirada destas variáveis concentra-se em algumas concessionárias. Por exemplo, na Tabela 32, a eliminação da variável CPC tem impacto significativo ($|desvio| \geq 1$) em apenas quatro concessionárias, Bandeirante, Eletropaulo, Light e Manaus. Em outra situação, na Tabela 33, a eliminação da %IND no modelo VRS, gera uma soma de desvios igual a -13,24, na qual apenas uma concessionária, a CEEE, contribui com -9,05.

A seguir, nas Tabelas 34 e 35, apresentam-se os resultados da análise de sensibilidade para as concessionárias classificadas no *cluster B*.

Tabela 34: Análise de sensibilidade das metas globais de DEC (*cluster B*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND
Ceal	15,09	9,08	17,46	16,87	17,84	14,00	18,85	15,09
<i>desvio</i>	-2,24	-8,25	0,13	-0,46	-1,68	-5,53	-0,67	-2,24
Celg	14,37	9,68	12,12	13,81	16,23	11,75	12,37	14,37
<i>desvio</i>	0,74	-3,95	-1,52	0,17	0,89	-3,59	-2,98	0,74
Celipa	14,79	6,68	15,41	11,52	16,18	11,41	17,25	14,79
<i>desvio</i>	0,64	-7,47	1,25	-2,64	0,78	-3,99	1,85	0,64
Celpe	14,15	7,51	14,58	13,57	15,31	12,17	15,64	14,15
<i>desvio</i>	-0,12	-6,77	0,30	-0,71	0,02	-3,11	0,35	-0,12
Celtins	25,01	21,34	26,51	19,46	43,70	43,70	42,11	25,01
<i>desvio</i>	-1,24	-4,90	0,26	-6,79	0,00	0,00	-1,59	-1,24
Cemar	20,91	16,03	27,35	25,20	35,08	16,63	39,08	20,91
<i>desvio</i>	-6,51	-11,39	-0,08	-2,22	-7,20	-25,65	-3,20	-6,51
Cemat	11,69	9,94	10,88	10,31	12,39	11,44	10,96	11,69
<i>desvio</i>	0,88	-0,87	0,08	-0,50	0,96	0,01	-0,47	0,88
Cepisa	25,55	17,54	29,60	23,30	48,22	21,97	48,22	25,55
<i>desvio</i>	-3,09	-11,11	0,96	-5,35	0,00	-26,25	0,00	-3,09
Ceron	17,15	13,21	16,47	12,82	20,39	14,71	19,29	17,15
<i>desvio</i>	0,99	-2,95	0,31	-3,34	1,27	-4,41	0,18	0,99
Coelba	14,56	8,74	21,33	20,29	16,84	16,92	21,33	14,56
<i>desvio</i>	-6,09	-11,91	0,69	-0,35	-4,49	-4,41	0,00	-6,09
Coelce	15,61	8,17	15,84	16,37	19,70	12,62	18,79	15,61
<i>desvio</i>	-0,53	-7,96	-0,29	0,23	-0,21	-7,30	-1,12	-0,53
Cosern	11,95	6,75	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95
<i>desvio</i>	0,00	-5,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energipe	10,07	4,83	10,10	10,07	11,95	11,84	11,84	10,07
<i>desvio</i>	0,09	-5,15	0,12	0,09	0,11	0,00	0,00	0,09
Enersul	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51
<i>desvio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saelpa	16,24	10,01	20,28	20,96	21,76	15,49	23,07	16,24
<i>desvio</i>	-4,35	-10,58	-0,31	0,38	-4,24	-10,51	-2,93	-4,35
Soma dos desvios	-20,83	-98,46	1,91	-21,49	-13,79	-94,75	-10,58	-20,83

Tabela 35: Análise de sensibilidade das metas globais de FEC (*cluster B*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND
Ceal	13,39	6,84	13,14	12,70	14,77	10,53	14,19	13,39
<i>desvio</i>	<i>0,34</i>	<i>-6,21</i>	<i>0,10</i>	<i>-0,35</i>	<i>0,08</i>	<i>-4,16</i>	<i>-0,50</i>	<i>0,34</i>
Celg	13,48	11,08	13,86	15,80	14,92	13,44	14,15	13,48
<i>desvio</i>	<i>-2,11</i>	<i>-4,52</i>	<i>-1,74</i>	<i>0,20</i>	<i>-2,64</i>	<i>-4,11</i>	<i>-3,41</i>	<i>-2,11</i>
Celpa	13,15	7,40	17,06	12,75	13,64	12,63	19,10	13,15
<i>desvio</i>	<i>-2,52</i>	<i>-8,27</i>	<i>1,39</i>	<i>-2,92</i>	<i>-3,41</i>	<i>-4,42</i>	<i>2,05</i>	<i>-2,52</i>
Celpe	12,49	6,80	13,21	12,29	13,02	11,03	14,17	12,49
<i>desvio</i>	<i>-0,44</i>	<i>-6,13</i>	<i>0,28</i>	<i>-0,65</i>	<i>-0,83</i>	<i>-2,82</i>	<i>0,32</i>	<i>-0,44</i>
Celtins	23,44	18,84	23,40	17,18	38,58	38,58	37,17	23,44
<i>desvio</i>	<i>0,27</i>	<i>-4,33</i>	<i>0,23</i>	<i>-5,99</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-1,40</i>	<i>0,27</i>
Cemar	18,73	10,20	17,39	16,03	27,93	10,57	24,85	18,73
<i>desvio</i>	<i>1,29</i>	<i>-7,24</i>	<i>-0,05</i>	<i>-1,41</i>	<i>1,04</i>	<i>-16,31</i>	<i>-2,03</i>	<i>1,29</i>
Cemat	11,02	12,83	14,05	13,30	11,64	14,77	14,15	11,02
<i>desvio</i>	<i>-2,92</i>	<i>-1,12</i>	<i>0,10</i>	<i>-0,64</i>	<i>-3,11</i>	<i>0,01</i>	<i>-0,61</i>	<i>-2,92</i>
Cepisa	23,31	14,04	23,70	18,65	38,61	17,59	38,61	23,31
<i>desvio</i>	<i>0,38</i>	<i>-8,89</i>	<i>0,77</i>	<i>-4,28</i>	<i>0,00</i>	<i>-21,02</i>	<i>0,00</i>	<i>0,38</i>
Ceron	16,08	15,70	19,57	15,23	18,74	17,47	22,92	16,08
<i>desvio</i>	<i>-3,12</i>	<i>-3,50</i>	<i>0,37</i>	<i>-3,97</i>	<i>-3,97</i>	<i>-5,24</i>	<i>0,21</i>	<i>-3,12</i>
Coelba	12,14	4,97	12,14	11,55	12,14	9,63	12,14	12,14
<i>desvio</i>	<i>0,39</i>	<i>-6,78</i>	<i>0,39</i>	<i>-0,20</i>	<i>0,00</i>	<i>-2,51</i>	<i>0,00</i>	<i>0,39</i>
Coelce	14,25	7,12	13,80	14,25	16,12	10,99	16,36	14,25
<i>Desvio</i>	<i>0,21</i>	<i>-6,93</i>	<i>-0,25</i>	<i>0,20</i>	<i>-1,21</i>	<i>-6,35</i>	<i>-0,97</i>	<i>0,21</i>
Cosern	10,89	6,15	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89
<i>Desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>-4,74</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Energipe	9,04	4,55	9,51	9,49	10,89	11,15	11,15	9,04
<i>Desvio</i>	<i>-0,36</i>	<i>-4,85</i>	<i>0,11</i>	<i>0,09</i>	<i>-0,26</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,36</i>
Enersul	11,84	11,84	11,84	11,84	11,84	11,84	11,84	11,84
<i>Desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Saelpa	14,82	6,58	13,34	13,79	17,10	10,19	15,17	14,82
<i>Desvio</i>	<i>1,28</i>	<i>-6,96</i>	<i>-0,20</i>	<i>0,25</i>	<i>0,00</i>	<i>-6,91</i>	<i>-1,93</i>	<i>1,28</i>
Soma dos desvios	-7,33	-80,48	1,49	-19,68	-14,31	-73,84	-8,28	-7,33

Diferentemente do *cluster A*, as metas para as concessionárias no *cluster B* mostraram-se pouco sensíveis a eliminação da variável MWh/km. Neste caso, a maior sensibilidade é com relação a eliminação da variável consumo por consumidor (CPC). Conforme ilustram os resultados nas Tabelas 34 e 35, a não inclusão desta variável reduz significativamente as metas em quase todas as concessionárias, a menos da Cemat e da Enersul (classificada como eficiente por todos os modelos), onde esta variável apresenta os maiores níveis.

A não consideração da participação da classe industrial penaliza as concessionárias onde esta participação é reduzida: Celpa (20%), Celtins (10%), Cemar (17%), Cepisa (12%) e Ceron (15%).

Outra características das concessionárias do *cluster B* é a maior sensibilidade das metas quando um dos produtos é descartado do modelo.

A seguir, nas Tabelas 36 e 37, apresentam-se os principais resultados da análise de sensibilidade para as concessionárias classificadas no *cluster C*. Neste caso, o comportamento é parecido com o observado no *cluster B*. Novamente, as metas são mais sensíveis a não consideração da variável consumo por consumidor e menos sensíveis com relação a variável MWh/km.

Tabela 36: Análise de sensibilidade das metas globais de DEC (*cluster C*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND	FEC*	CPC	MWh/ km	% IND
Boa Vista	9,88	5,03	9,90	4,82	12,05	6,30	13,49	5,97
<i>desvio</i>	<i>0,73</i>	<i>-4,12</i>	<i>0,76</i>	<i>-4,33</i>	<i>0,37</i>	<i>-5,38</i>	<i>1,81</i>	<i>-5,71</i>
Caiuá	7,34	6,19	7,34	7,19	7,34	7,22	7,34	7,28
<i>desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>-1,15</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,15</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,12</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,06</i>
Cat-Leo	9,51	6,27	9,35	9,80	10,39	7,22	10,11	10,30
<i>desvio</i>	<i>0,10</i>	<i>-3,14</i>	<i>-0,06</i>	<i>0,39</i>	<i>0,30</i>	<i>-2,87</i>	<i>0,03</i>	<i>0,22</i>
Ceb	8,17	5,08	10,48	5,68	8,68	7,52	11,92	7,52
<i>desvio</i>	<i>-1,33</i>	<i>-4,42</i>	<i>0,98</i>	<i>-3,82</i>	<i>-1,51</i>	<i>-2,67</i>	<i>1,72</i>	<i>-2,67</i>
Cenf	8,26	4,72	9,32	8,61	8,82	7,07	10,36	8,67
<i>desvio</i>	<i>-0,35</i>	<i>-3,89</i>	<i>0,71</i>	<i>0,01</i>	<i>0,12</i>	<i>-1,63</i>	<i>1,66</i>	<i>-0,03</i>
Chesp	17,06	13,58	10,87	10,69	23,12	23,12	23,12	23,12
<i>desvio</i>	<i>3,77</i>	<i>0,29</i>	<i>-2,42</i>	<i>-2,60</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Cpee	7,12	6,86	7,21	5,87	7,44	8,01	8,15	7,40
<i>desvio</i>	<i>-0,08</i>	<i>-0,33</i>	<i>0,01</i>	<i>-1,33</i>	<i>-0,69</i>	<i>-0,12</i>	<i>0,01</i>	<i>-0,74</i>
Eletroacre	14,75	9,58	14,53	8,90	39,08	10,75	39,08	9,33
<i>desvio</i>	<i>0,71</i>	<i>-4,46</i>	<i>0,49</i>	<i>-5,14</i>	<i>0,00</i>	<i>-28,33</i>	<i>0,00</i>	<i>-29,75</i>
Eletrocar	6,49	5,72	5,55	5,61	7,22	6,86	6,67	6,26
<i>desvio</i>	<i>0,66</i>	<i>-0,12</i>	<i>-0,29</i>	<i>-0,23</i>	<i>0,35</i>	<i>-0,02</i>	<i>-0,20</i>	<i>-0,61</i>
Iguaçu	5,21	4,11	4,81	5,37	6,58	6,26	6,26	6,26
<i>desvio</i>	<i>0,37</i>	<i>-0,74</i>	<i>-0,04</i>	<i>0,53</i>	<i>0,32</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Panambi	6,06	3,19	5,66	5,41	6,84	5,80	6,16	5,80
<i>desvio</i>	<i>0,67</i>	<i>-2,20</i>	<i>0,27</i>	<i>0,02</i>	<i>0,77</i>	<i>-0,27</i>	<i>0,09</i>	<i>-0,27</i>
Poços	6,58	5,62	6,12	6,58	6,58	6,58	6,58	6,58
<i>desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>-0,96</i>	<i>-0,46</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Santa Maria	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73
<i>desvio</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Sulgipe	13,50	5,47	13,69	15,48	20,14	6,98	20,14	20,14
<i>desvio</i>	<i>-0,13</i>	<i>-8,16</i>	<i>0,06</i>	<i>1,84</i>	<i>0,00</i>	<i>-13,16</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Urussanga	2,34	2,32	3,13	3,04	6,58	9,17	9,17	9,17
<i>desvio</i>	<i>-0,69</i>	<i>-0,71</i>	<i>0,10</i>	<i>0,00</i>	<i>-2,59</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Soma dos desvios	4,42	-34,12	0,12	-14,80	-2,56	-54,57	5,13	-39,62

A não inclusão da participação da classe industrial penaliza as concessionárias com as menores participações desta classe: Boa Vista (4%), Ceb (10%), Chesp (11%) e Eletroacre (6%).

Destaca-se que as metas globais de FEC são bem mais sensíveis que as metas de DEC. Em particular, a não consideração da variável DEC* afeta significativamente as metas globais de FEC, conforme ilustrado na Tabela 37.

Tabela 37: Análise de sensibilidade das metas globais de FEC (*cluster C*)

Empresas	Modelo CRS – variáveis eliminadas				Modelo VRS – variáveis eliminadas			
	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND	DEC*	CPC	MWh/ km	% IND
Boa Vista	12,34	9,51	18,72	9,11	16,28	11,91	25,50	11,28
<i>desvio</i>	-4,95	-7,79	1,43	-8,18	-5,80	-10,17	3,43	-10,80
Caiuá	9,17	8,67	10,28	10,07	9,25	10,10	10,28	10,19
<i>desvio</i>	-1,11	-1,61	0,00	-0,20	-1,03	-0,17	0,00	-0,09
Cat-Leo	10,47	7,68	11,46	12,02	11,36	8,85	12,40	12,63
<i>desvio</i>	-1,07	-3,85	-0,07	0,48	-1,01	-3,52	0,03	0,26
Ceb	10,20	5,50	11,34	6,15	11,02	8,14	12,90	8,14
<i>desvio</i>	-0,08	-4,79	1,06	-4,13	-0,01	-2,89	1,87	-2,89
Cenf	9,45	5,56	10,99	10,16	9,58	8,33	12,22	10,22
<i>desvio</i>	-0,69	-4,58	0,84	0,01	-0,68	-1,92	1,96	-0,04
Chesp	18,09	39,85	31,91	31,37	67,85	67,85	67,85	67,85
<i>desvio</i>	-20,91	0,85	-7,09	-7,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Cpee	7,84	7,60	7,99	6,50	9,06	8,87	9,02	8,19
<i>desvio</i>	-0,13	-0,37	0,02	-1,47	0,05	-0,14	0,02	-0,82
Eletroacre	18,43	16,13	24,48	14,99	65,82	18,11	65,82	15,72
<i>desvio</i>	-5,22	-7,51	0,83	-8,66	0,00	-47,71	0,00	-50,10
Eletrocar	7,02	8,89	8,63	8,73	8,91	10,67	10,37	9,74
<i>desvio</i>	-2,07	-0,19	-0,45	-0,35	-1,78	-0,03	-0,32	-0,95
Iguaçu	5,78	6,41	7,49	8,37	8,58	9,75	9,75	9,75
<i>desvio</i>	-1,78	-1,15	-0,06	0,82	-1,17	0,00	0,00	0,00
Panambi	6,94	6,88	12,22	11,67	8,81	12,50	13,29	12,50
<i>desvio</i>	-4,69	-4,75	0,59	0,04	-4,27	-0,58	0,20	-0,58
Poços	8,34	7,33	7,98	8,58	8,58	8,58	8,58	8,58
<i>desvio</i>	-0,24	-1,25	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Maria	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26
<i>desvio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulgipe	15,06	6,57	16,43	18,57	24,17	8,37	24,17	24,17
<i>desvio</i>	-1,30	-9,79	0,07	2,21	0,00	-15,79	0,00	0,00
Urussanga	2,68	1,94	2,61	2,54	8,58	7,66	7,66	7,66
<i>desvio</i>	0,15	-0,59	0,08	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
Soma dos desvios	-44,09	-47,37	-3,36	-27,07	-14,78	-82,91	7,19	-66,00

Na maioria dos casos, a menos da retirada da variável MWh/km no *cluster A* e da variável CPC nos *clusters B e C*, a eliminação de uma variável resultou em metas que desviam—se de até uma (1) unidade das metas estabelecidas pelo modelo completo. Entretanto, em alguns casos, o descarte de variáveis resulta em desvios elevados para um reduzido número de empresas, como por exemplo, nas metas de FEC da Chesp (modelo CRS) e da Eletroacre (modelo VRS), apresentadas na Tabela 37.

Em resumo, o modelo é sensível à eliminação de variáveis, sendo que o descarte de qualquer insumo ou produto tende a produzir metas menores do que as metas definidas pelo modelo completo. Este resultado indica que as variáveis escolhidas não são redundantes.

Quanto ao tipo do rendimento de escala a ser adotado na definição das metas de continuidade, o rendimento constante de escala (CRS) parece ser a escolha correta, por duas razões:

- As concessionárias em um mesmo *cluster* são razoavelmente homogêneas quanto ao porte.
- O modelo VRS classifica como eficientes as concessionárias que utilizam as menores quantidades de algum insumo ou que produzem as maiores quantidades de algum produto. Assim uma concessionária que atende um mercado esparsos com o menor nível da variável MWh/km, ou com a menor participação do consumo industrial (%IND) ou ainda com o menor consumo por consumidor (CPC), não seria alvo de uma redução nas suas metas de continuidade. Portanto, ao definir as metas com base no modelo VRS o regulador não estaria promovendo a melhoria da continuidade em algumas concessionárias.

No entanto, em alguns casos as metas definidas pelo modelo CRS poderiam ser consideradas rigorosas demais para serem alcançadas em um período de oito anos, como por exemplo, as metas de DEC e FEC para a Bandeirante e a meta de FEC para Piratininga (Tabela 20). Na mesma situação enquadram-se as concessionárias Iguazu e Urussanga (Tabela 26).

Este problema pode ser contornado definindo-se as metas globais de continuidade como sendo a média geométrica das metas estabelecidas pelos modelos CRS e VRS. Esta sugestão baseia-se no trabalho de Coelli e Perelman (1999), que formulam diferentes modelos econométricos para estimação de fronteiras de eficiência e ao final definem a eficiência como sendo a média geométrica dos índices estimados pelos diferentes modelos.

6.3.

Estabelecendo as metas locais de continuidade do fornecimento

Definidas as metas globais de continuidade para cada concessionária, aplica-se o modelo DEA formulado no capítulo 5 para estabelecer as metas de

continuidade dos conjuntos de unidades consumidoras. Este modelo deve ser aplicado separadamente para cada empresa, de forma a estabelecer metas locais compatíveis com as respectivas metas globais, definidas na seção 6.2.

Apresentam-se a seguir os resultados de dois estudos de caso, onde aplica-se o referido modelo no estabelecimento das metas de continuidade dos conjuntos da Light e da Ampla, as principais concessionárias de distribuição que atendem o Estado do Rio de Janeiro.

O Estado do Rio de Janeiro é atendido por quatro concessionárias de distribuição de energia elétrica: Ampla, Light, Cataguazes Leopoldina e Cenf, cujas áreas de concessão estão indicadas na Figura 32. A Ampla é responsável pelo atendimento de 63 Municípios, enquanto a Light atende 30 Municípios. A Cenf atende somente o Município de Nova Friburgo e a Cataguazes Leopoldina atende somente o Município de Sumidouro.

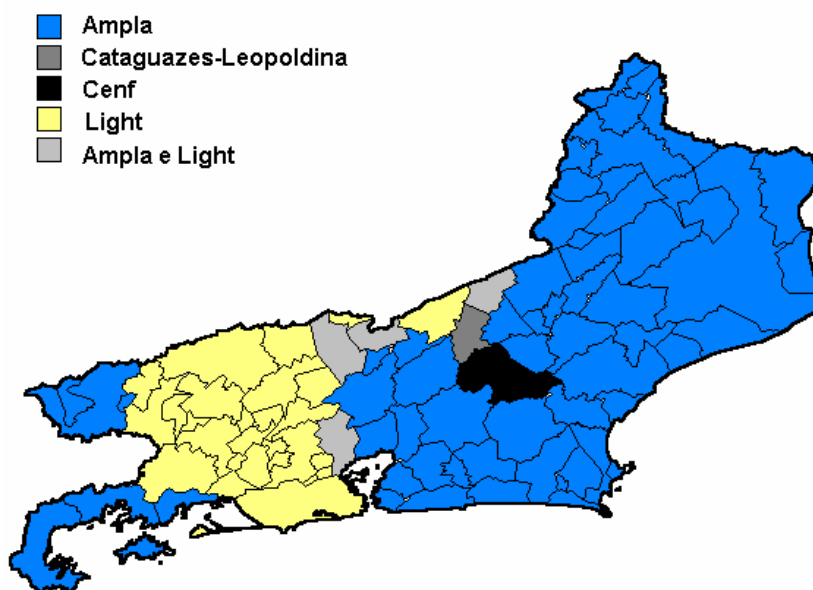


Figura 32: Distribuidoras de eletricidade no Estado do Rio de Janeiro

6.3.1.

Estabelecendo as metas para os conjuntos da Light

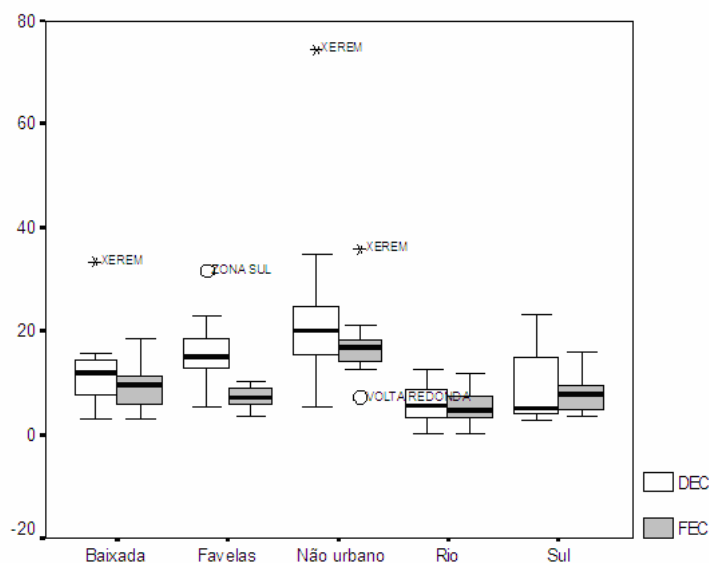
Em 2001, a área de concessão da Light estava dividida em 70 conjuntos, agrupados em cinco regiões: Não urbano, Favelas, Cidade do Rio, Baixada Fluminense e Sul Fluminense. Para este mesmo ano, os indicadores DEC e FEC, a potência instalada em kVA (PINST) e o nº de consumidores (NC) em cada região são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38: DEC, FEC e atributos das regiões atendidas pela Light em 2001

Região	Total de conjuntos	DEC	FEC	Potência instalada (KVA)	Número de consumidores
Não urbano	11	17,43	14,57	458	138.702
Favelas	12	12,54	6,54	181	139.563
Cidade do Rio	27	5,46	5,00	7.344	2.038.859
Baixada Fluminense	10	10,34	8,86	1.758	837.569
Sul Fluminense	10	4,67	5,88	1.504	243.529

Na Tabela 38, comparando-se os valores médios do DEC e do FEC, fica evidente que o atendimento nos conjuntos não urbanos é bastante precário em relação às demais regiões. Os conjuntos em Favelas e na Baixada Fluminense também apresentam desempenhos precários quando comparados aos conjuntos na Cidade do Rio e no Sul Fluminense. No entanto, observa-se que nas favelas, todas na Cidade do Rio de Janeiro, o FEC é inferior ao da Baixada Fluminense. Esta diferença deve-se ao fato dos conjuntos em favelas se beneficiarem da maior confiabilidade das redes que atendem os conjuntos na Cidade do Rio.

Na Figura 33, os *box plots* dos indicadores DEC e FEC evidenciam o atendimento relativamente inferior na região não urbana e o comportamento diferenciado²¹ dos indicadores de continuidade nos conjuntos localizados em favelas. Destaca-se também o atendimento bastante precário em Xerém, um distrito do Município de Duque de Caxias, na Baixada Fluminense.

Figura 33: *Box plots* dos indicadores DEC e FEC dos conjuntos da Light

²¹ Reduzido n° de interrupções e elevado tempo para o reestabelecimento do fornecimento de energia elétrica.

A aplicação do modelo para estabelecimento das metas locais de continuidade requer a definição prévia dos limites inferiores e superiores das restrições 5.7 e 5.8, α_{wj} e β_{wj} respectivamente. Estes limites definem intervalos para os possíveis valores assumidos pelas metas de continuidade dos conjuntos.

Conforme ilustram os resultados da Tabela 20, o modelo DEA para estabelecimento das metas globais classifica a Light como eficiente ($\theta=1$). Neste caso, a meta global de continuidade é a média dos valores observados no período 2000/2002 (DEC_0 e FEC_0 nas fórmulas 6.1 e 6.2).

Assim, na fixação dos limites das restrições 5.7 e 5.8 (parâmetros α_{wj} e β_{wj}), tomou-se como referência algumas estatísticas de posição (decis, percentis, quartis) das distribuições de DEC e FEC dos conjuntos localizados em uma mesma região.

Este esquema assemelha-se ao atual modelo regulatório, onde para cada *cluster* de conjuntos obtém-se a respectiva distribuição de DEC (FEC), a partir da qual calculam-se o primeiro decil e a mediana. O primeiro decil estabelece a meta para os conjuntos no sistema interligado, enquanto a mediana estabelece a meta para os conjuntos nos sistemas isolados (Pessanha *et al.*, 2004c).

Nas Tabelas 39 e 40 apresentam-se, respectivamente, as estatísticas de posição das distribuições de DEC e FEC em cada região atendida pela Light.

Tabela 39: Estatísticas de posição do DEC nas regiões da Light

	Não urbano	Favelas	Rio	Baixada	Sul
Cerca superior	38,3	23,9	18,6	21,9	26,7
3º quartil (Q3)	24,5	17,4	9,4	13,9	13,2
Mediana (M)	19,9	14,9	5,7	12,0	5,1
1º quartil (Q1)	15,3	13,1	3,3	8,6	4,3
Cerca inferior	1,5	6,7	-5,9	0,7	-9,2
Primeiro decil (D1)	12,4	11,5	1,3	4,1	3,1

Tabela 40: Estatísticas de posição do FEC nas regiões da Light

	Não urbano	Favelas	Rio	Baixada	Sul
Cerca superior	24,4	12,9	14,3	18,4	15,9
3º quartil (Q3)	18,2	8,8	7,7	11,1	9,4
Mediana (M)	16,7	7,1	4,8	9,4	7,6
1º quartil (Q1)	14,1	6,1	3,2	6,3	5,1
Cerca inferior	8,0	2,0	-3,5	-1,0	-1,3
Primeiro decil (D1)	12,5	4,6	10,8	5,6	4,1

A cerca superior é definida como sendo o terceiro quartil (Q3) mais 1,5 vezes a distância interquartílica (Q3-Q1). De forma semelhante, a cerca inferior é definida como sendo o primeiro quartil (Q1) menos 1,5 vezes a distância interquartílica (Murteira, 1993). Estas cercas auxiliam na identificação dos conjuntos com desempenhos atípicos. Tais conjuntos apresentam indicadores DEC (FEC) acima da cerca superior ou abaixo da cerca inferior. Por exemplo, na Figura 33 o distrito de Xerém destaca-se pelo desempenho precário nos dois indicadores, enquanto, Volta Redonda destaca-se pelo elevado desempenho no FEC, entre os conjuntos não urbanos.

Inicialmente, pode-se tomar o primeiro e o terceiro quartis como sendo os limites para as restrições 5.7 e 5.8 respectivamente. No entanto, este critério pode produzir metas demasiadamente rigorosas para os conjuntos com desempenhos precários, ou ainda, metas sem qualquer efeito para os conjuntos com excelentes desempenhos.

Por exemplo, considere os dois conjuntos descritos na Tabela 41, ambos localizados na Cidade do Rio de Janeiro. As características completamente diferentes destes conjuntos, refletem-se em distintos níveis de continuidade. Tomando-se o primeiro e o terceiro quartis como limites para as metas locais, pode-se estabelecer uma meta sem efeito para o conjunto Copacabana e uma meta rigorosa para o conjunto Baía de Guaratiba.

Tabela 41: Dados dos conjuntos Copacabana e Baía de Guaratiba

Conjunto	DEC 2001 (horas)	Primeiro quartil (Q1)	Terceiro quartil (Q3)	Número de consumidores	Potência instalada (kVA)
Copacabana	0,61	3,3	9,4	100.248	301.480
Baía de Guaratiba	12,68	3,3	9,4	48.974	56.570

Para o conjunto Copacabana parece mais razoável estabelecer uma meta inferior a 3,3. Vale lembrar que atualmente a meta deste conjunto é de 3 horas por ano, o valor mínimo adotado nas Resoluções da Aneel. Por outro lado, para o conjunto Baía de Guaratiba, é mais razoável admitir uma meta superior a 9,4.

Portanto, além do intervalo entre o primeiro e terceiro quartis, na fixação destes limites deve-se admitir intervalos alternativos, por exemplo, entre D1 e Q1, entre Q1 e M, entre M e Q3, entre D1 e Q3, > Q3. A escolha do intervalo mais

adequado é efetuada com base no desempenho observado e nas características dos conjuntos.

Com relação ao sistema de pesos (π_{wj}) que pondera a soma dos desvios na função objetivo do modelo para estabelecimento das metas locais, adotou-se o seguinte esquema em função dos totais de unidades consumidoras (nc_{wj}) nos conjuntos:

$$\begin{aligned} \pi &= 0,001 & \text{se } nc \leq 7.500 \\ \pi &= 0,25 & \text{se } 7.500 < nc \leq 50.000 \\ \pi &= 0,75 & \text{se } 50.000 < nc < 125.000 \\ \pi &= 10 & \text{se } nc \geq 125.000 \end{aligned}$$

Ao conjunto de restrições do modelo para definição das metas locais, adicionou-se uma restrição, cuja finalidade é garantir que as metas de continuidade em todas as regiões atendidas pela Light sejam maiores ou iguais a meta estabelecida para a região com a maior potência instalada, neste caso a Cidade do Rio.

A seguir, nas Figuras 34 e 35 comparam-se as metas propostas para o DEC e o FEC com os valores iniciais em cada região atendida pela Light.

Da mesma forma que no modelo para definição das metas globais, os valores iniciais de DEC e FEC, em cada conjunto ($dec_{w,j}$ e $fec_{w,j}$), deveriam ser as médias dos indicadores apurados no período 2000/2002. No entanto, para os conjuntos disponibilizaram-se apenas valores apurados em 2001 (dec_{2001} e fec_{2001}). Assim, definiram-se os valores iniciais para os conjuntos por meio do seguinte ajuste:

$$dec_{w,j} = DEC \cdot (dec_{2001} / DEC_{2001}) \quad (6.3)$$

$$fec_{w,j} = FEC \cdot (fec_{2001} / FEC_{2001}) \quad (6.4)$$

onde DEC e FEC denotam os valores iniciais (Tabela 20) e DEC_{2001} e FEC_{2001} denotam os indicadores globais apurados em 2001 (Tabelas 21 e 22).

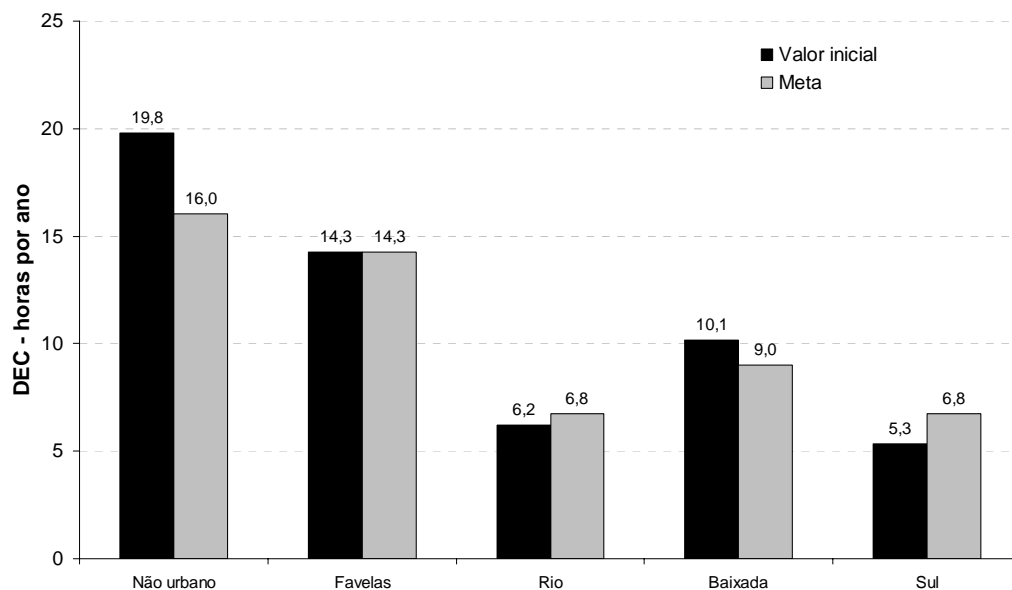


Figura 34: DEC (valores iniciais e metas) nas regiões atendidas pela Light

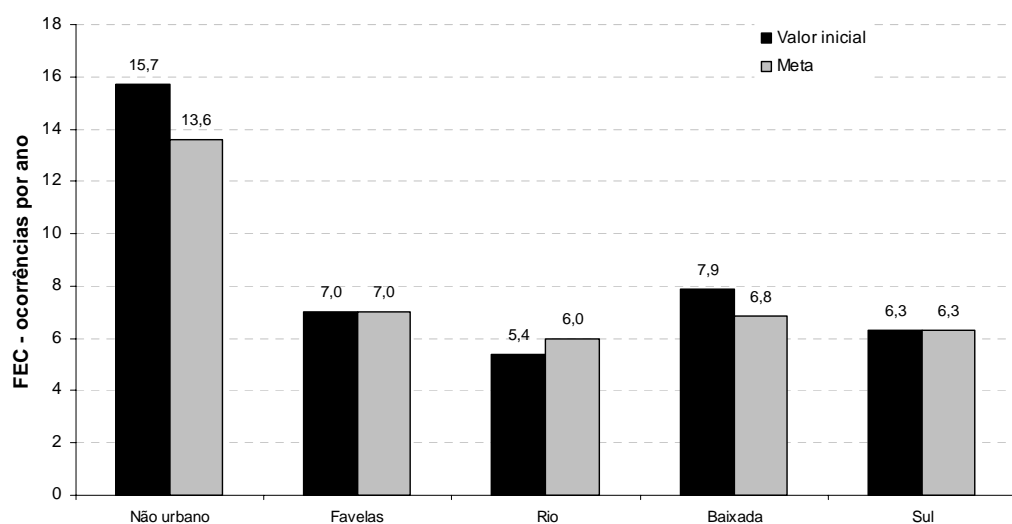


Figura 35: FEC (valores iniciais e metas) nas regiões atendidas pela Light

Por meio de uma redistribuição das metas locais, o modelo conseguiu uma significativa redução nas metas dos conjuntos não urbanos e na Baixada Fluminense, com uma relaxação das metas dos conjuntos na Cidade do Rio e no Sul Fluminense, conforme ilustrado nas Figuras 34 e 35.

Dispondo os valores e as metas de continuidade para o DEC e o FEC das regionais em um diagrama de dispersão, conforme ilustrado nas Figuras 36 e 37, observa-se que o processo de otimização para o estabelecimento das metas locais provocou um ligeiro deslocamento da fronteira de eficiência.

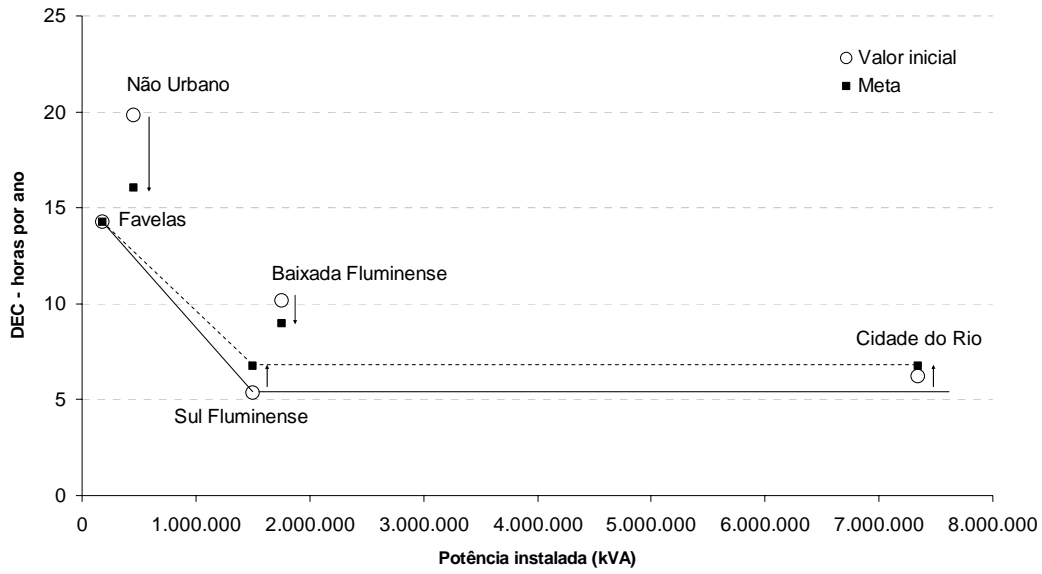


Figura 36: Deslocamento da fronteira eficiente do DEC

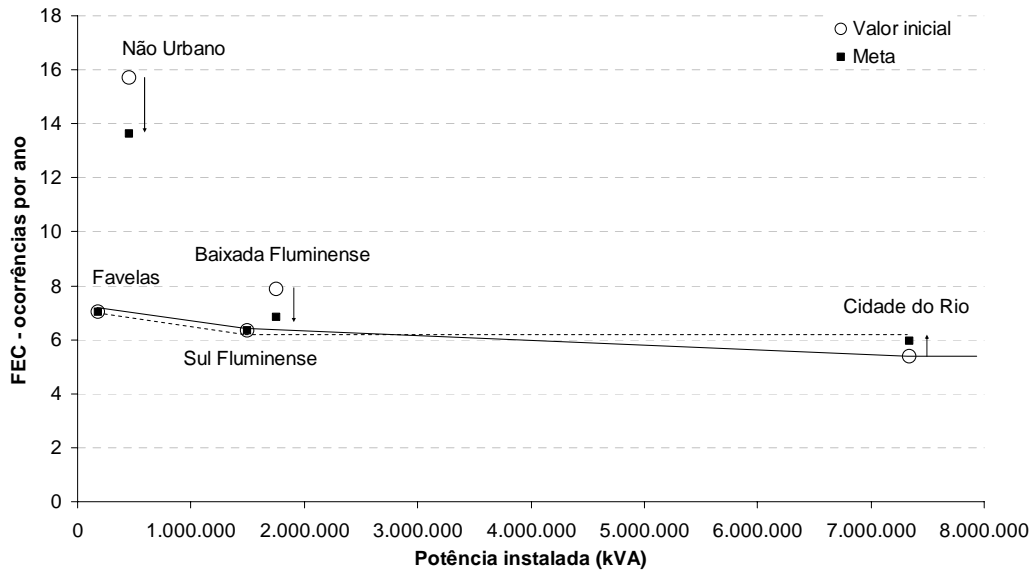


Figura 37: Deslocamento da fronteira eficiente do FEC

A seguir, nas Figuras 38, 39, 40, 41 e 42, apresentam-se as metas de continuidade (DEC) dos conjuntos, os valores iniciais (dec_{wj} no modelo para estabelecimento das metas locais) e os limites inferiores e superiores adotados nas restrições 5.7 e 5.8.

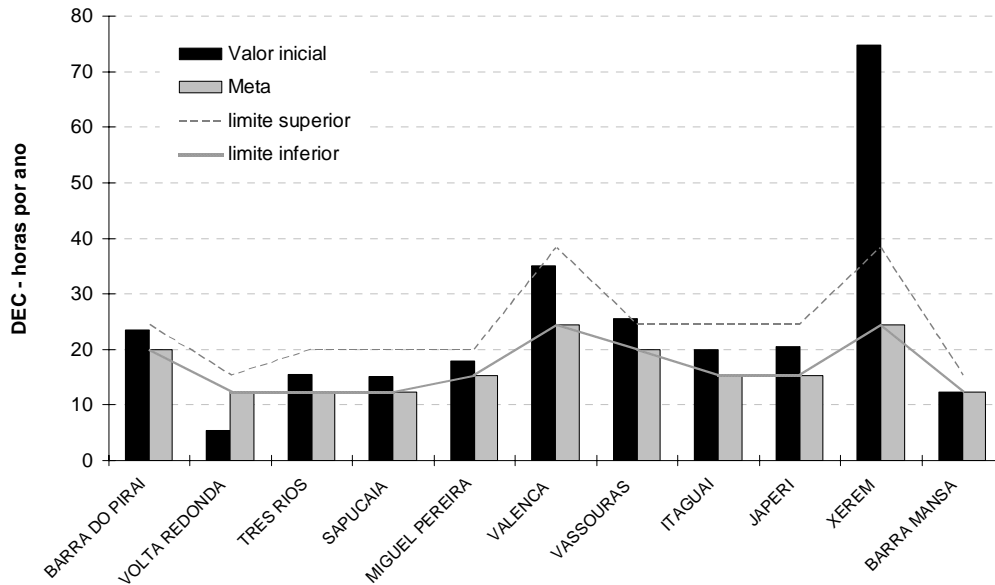


Figura 38: DEC (valores iniciais e metas) nos conjuntos não urbanos

Na Figura 38, verifica-se uma redução das metas de DEC na maioria dos conjuntos não urbanos. As exceções são o conjunto Barra Mansa que manteve a meta inicial e o conjunto Volta Redonda que apresenta um desempenho atípico entre os conjuntos não urbanos e cuja meta foi elevada até atingir o limite inferior.

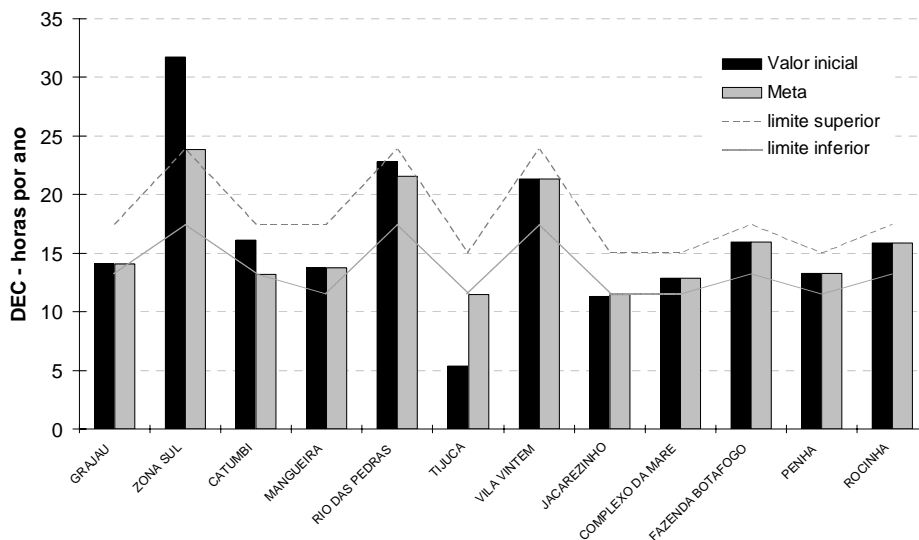


Figura 39: DEC (valores iniciais e metas) nos conjuntos em favelas

Na Figura 39, observa-se a manutenção das metas iniciais na maior parte dos conjuntos em favelas. Verifica-se uma redução expressiva na meta do conjunto Zona Sul e uma elevação da meta do conjunto Tijuca que apresenta um desempenho atípico entre as favelas.

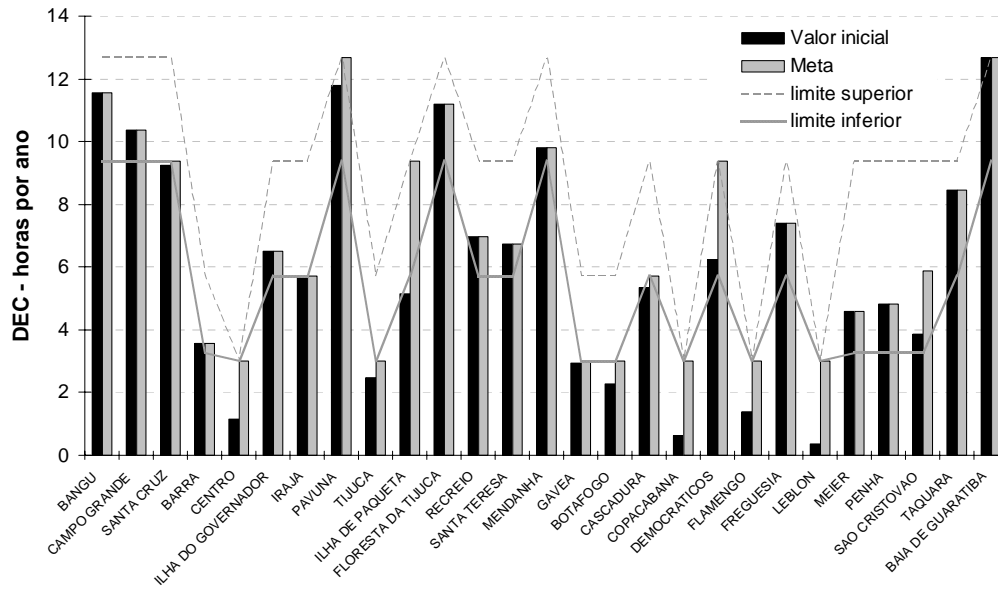


Figura 40: DEC (valores iniciais e metas) na Cidade do Rio

Conforme ilustrado na Figura 40, observa-se a manutenção das metas de continuidade na maioria dos conjuntos na Cidade do Rio. Nos conjuntos com metas iniciais inferiores a 2 horas (Centro, Copacabana, Flamengo e Leblon), as metas de DEC foram fixadas em 3 horas, o mínimo adotado nas Resoluções da Aneel. Ainda na Cidade do Rio, observam-se aumentos expressivos, em relação aos valores iniciais, nas metas de DEC dos conjuntos Ilha de Paquetá, Democráticos e São Cristovão.

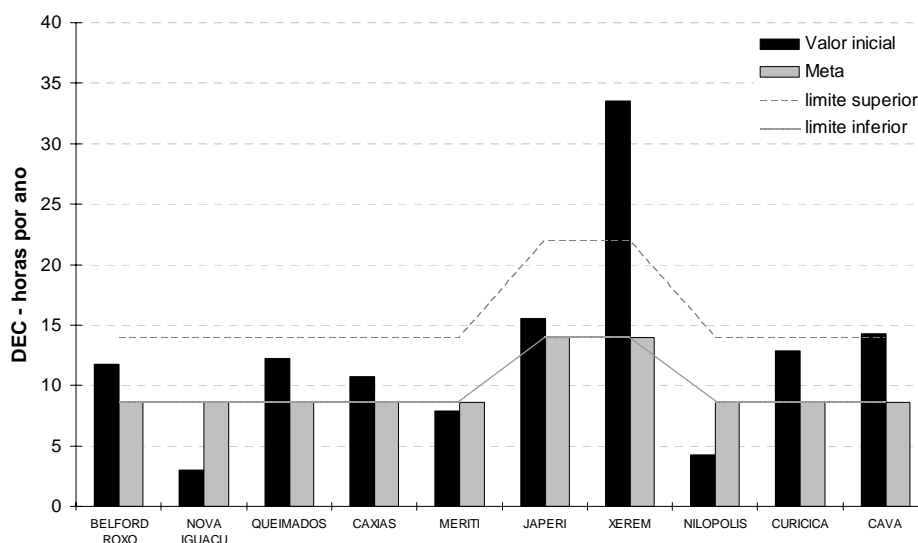


Figura 41: DEC (valores iniciais e metas) na Baixada Fluminense

Na Figura 41, observa-se a redução das metas de DEC na maior parte dos conjuntos na Baixada Fluminense, com exceção dos conjuntos Nova Iguaçu e Nilópolis que apresentam desempenhos atípicos entre os conjuntos da região, tendo suas metas elevadas até os respectivos limites inferiores.

Por fim, na Figura 42 apresentam-se as metas para os conjuntos no Sul Fluminense, onde se observa a elevação das metas em boa parte dos conjuntos, com destaque para os conjuntos Rio Claro e Vassouras que juntos com Pirai concentram o menor número de consumidores entre os conjuntos da região.

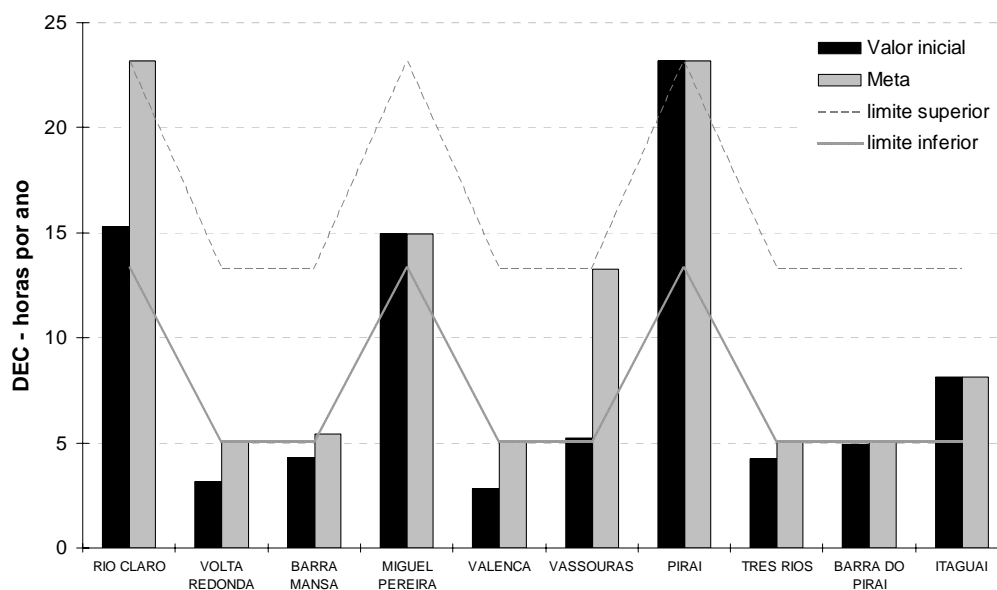


Figura 42: DEC (valores iniciais e metas) no Sul Fluminense

A seguir, nas Figuras 43, 44, 45, 46 e 47 são apresentadas as metas locais para o FEC, os valores iniciais e os limites inferiores e superiores adotados nas restrições 5.7 e 5.8. Comparando-se estas figuras com as anteriormente apresentadas para o DEC, observa-se uma grande semelhança na otimização realizada pelos modelos para definição das metas locais. Tal fato deve-se à forte correlação entre os indicadores de continuidade.

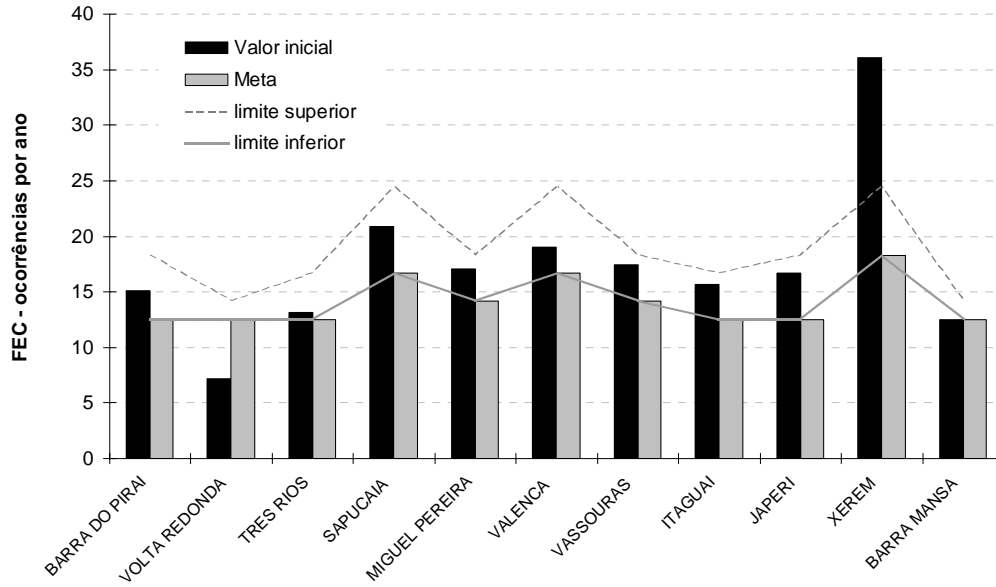


Figura 43: FEC (valores iniciais e metas) nos conjuntos não urbanos

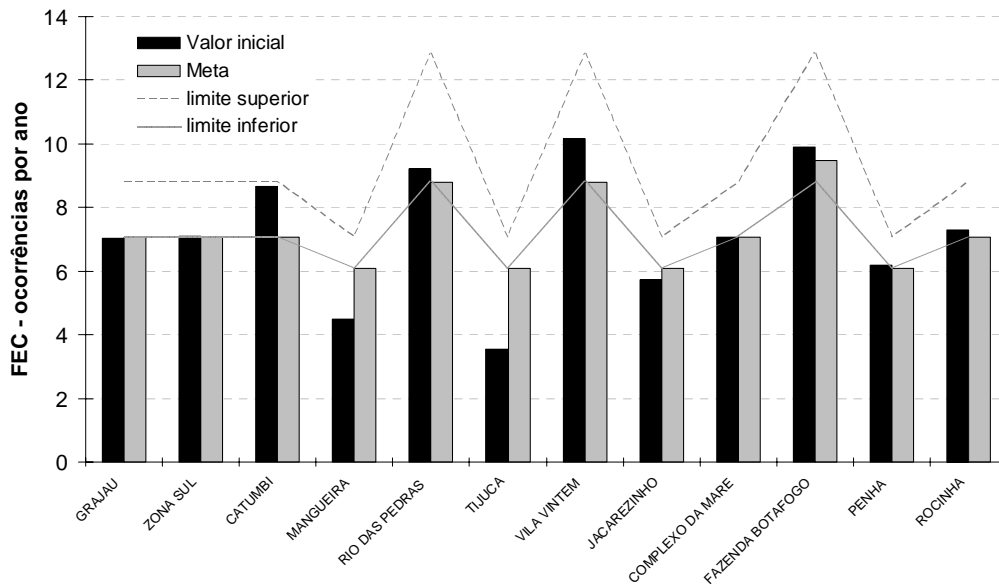


Figura 44: FEC (valores iniciais e metas) nos conjuntos em favelas

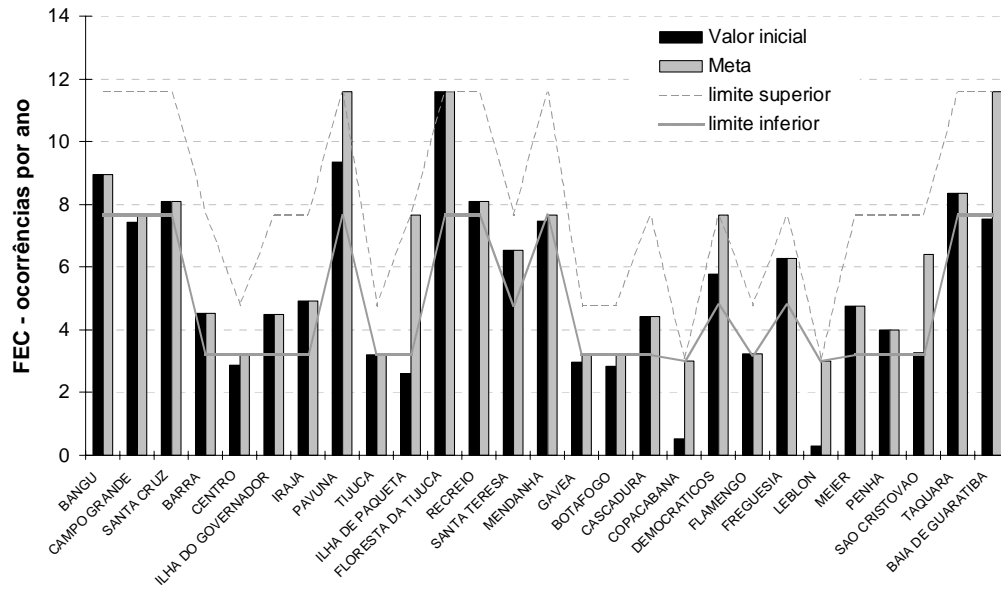


Figura 45: FEC (valores iniciais e metas) na Cidade do Rio

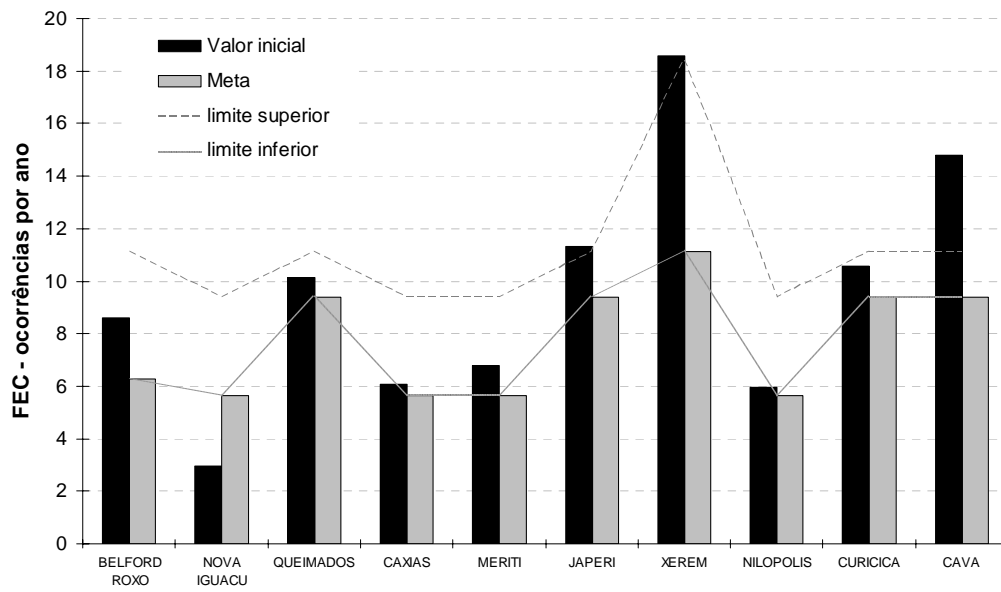


Figura 46: FEC (valores iniciais e metas) na Baixada Fluminense

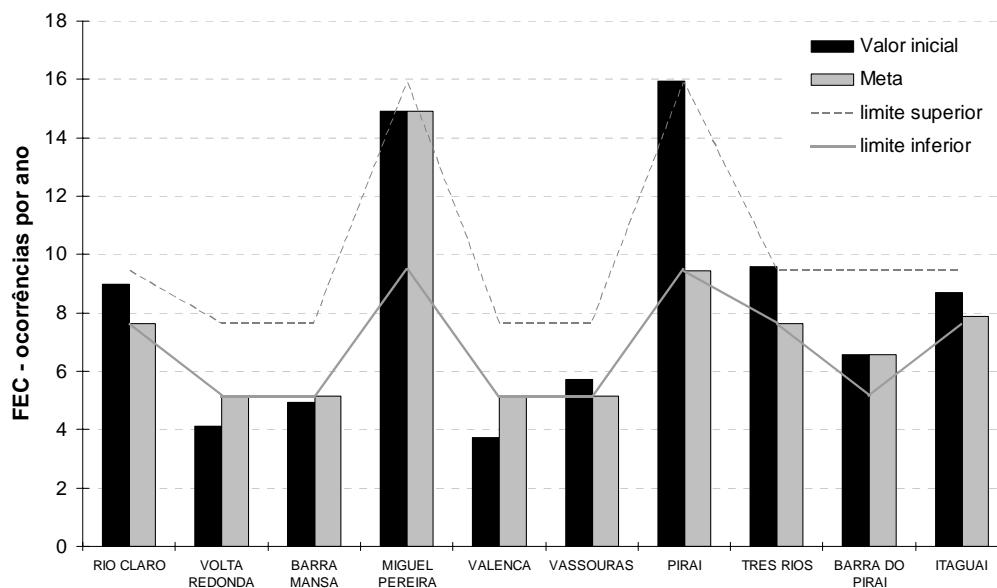


Figura 47: FEC (valores iniciais e metas) no Sul Fluminense

6.3.2. Estabelecendo as metas para os conjuntos da Ampla

Em 2001, a área de concessão da Ampla dividia-se em 98 conjuntos de unidades consumidoras, classificados em quatro regionais: Guanabara, Oceânica, Norte e Serrana, cujas estatísticas estão resumidas na Tabela 42.

Tabela 42: DEC, FEC e atributos das regionais da Ampla em 2001

Região	Total de conjuntos	DEC	FEC	Potência instalada (kVA)	Número de consumidores
Guanabara	15	13,04	18,19	733	399.956
Oceânica	22	15,21	17,88	1.414	527.207
Norte	46	26,28	25,68	862	488.086
Serrana	15	15,98	19,64	612	317.120

Na Tabela 42, observa-se que entre as regiões atendidas pela Ampla, a região Norte do Estado do Rio de Janeiro é a que apresenta os piores níveis de continuidade.

O modelo DEA estabeleceu as seguintes metas para os indicadores globais da Ampla: 10,01 horas por ano para o DEC e 10,51 interrupções por ano para o FEC (Tabela 20). Isto significa uma redução da ordem de 49% ($\theta=1,96$) em relação aos valores médios destes indicadores no período 2000/2002.

A seguir, nas Tabelas 43 e 44 apresentam-se, respectivamente, as estatísticas de posição das distribuições de DEC e FEC em cada regional da Ampla.

Tabela 43: Estatísticas de posição do DEC nas regionais da Ampla

	Guanabara	Oceânica	Norte	Serrana
Cerca superior	35,1	63,6	85,9	75,9
3º quartil (Q3)	21,8	31,8	43,2	39,5
Mediana (M)	14,6	15,3	28,8	22,9
1º quartil (Q1)	12,9	10,6	14,8	15,3
Cerca inferior	-0,3	-21,2	-27,9	-21,1
Primeiro decil (D1)	11,3	8,4	9,1	11,6

Tabela 44: Estatísticas de posição do FEC nas regionais da Ampla

	Guanabara	Oceânica	Norte	Serrana
Cerca superior	40,6	46,4	63,2	52,5
3º quartil (Q3)	24,6	25,4	37,8	31,3
Mediana (M)	19,2	17,5	27,8	24,1
1º quartil (Q1)	13,9	11,4	20,9	17,1
Cerca inferior	-2,0	-9,7	-4,5	-4,1
Primeiro decil (D1)	12,4	10,9	17,1	13,7

Nas Tabelas acima, apenas o primeiro decil das distribuições do DEC nas regionais Oceânica e Norte são inferiores à meta global estabelecida pelo modelo DEA. Utilizando-se estas estatísticas como limites das restrições 5.7 e 5.8, α_{wj} e β_{wj} respectivamente, obtém-se metas locais que ao serem ponderadas pelos respectivos números de consumidores resultam em um indicador acima da meta global estabelecida pelo modelo DEA.

Para evitar este desvio, definiram-se os limites α_{wj} e β_{wj} em função das metas regionais ($DEC_j + \Delta_j^+ - \Delta_j^-$), obtidas pelo processo de otimização que estabelece as metas locais. Mais especificamente, estes limites são definidos pelas seguintes equações:

$$\alpha_{wj} = DEC_j + \Delta_j^+ - \Delta_j^- + \lambda_{wj}^I \quad (6.5)$$

$$\beta_{wj} = DEC_j + \Delta_j^+ - \Delta_j^- + \lambda_{wj}^S \quad (6.6)$$

onde λ_{wj}^S e λ_{wj}^I são constantes definidas em função dos valores iniciais dos indicadores de continuidade dos conjuntos.

Nas equações 6.5 e 6.6, $DEC_j + \Delta_j^+ - \Delta_j^-$ é uma componente comum a todos os conjuntos da regional j , enquanto, λ_{wj}^I e λ_{wj}^S são componentes específicas de cada conjunto wj . As componentes específicas introduzem desvios entre as metas locais e a meta da regional, onde os conjuntos estão localizados.

Nas Figuras 48 e 49 são apresentadas as retas que relacionam as componentes específicas (λ_{wj}^I e λ_{wj}^S) com os valores iniciais de DEC e FEC dos conjuntos respectivamente. A escolha destas retas fica a critério do decisor.

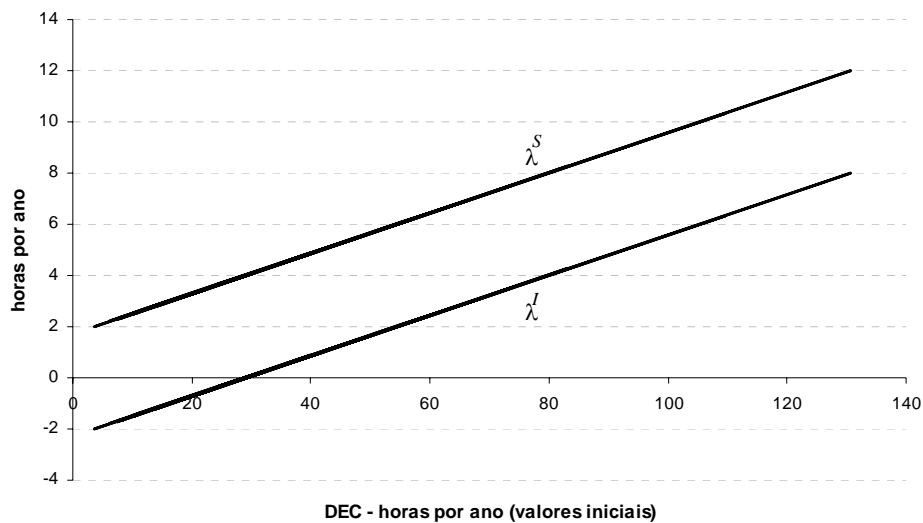


Figura 48: Componentes específicas em função dos valores iniciais de DEC

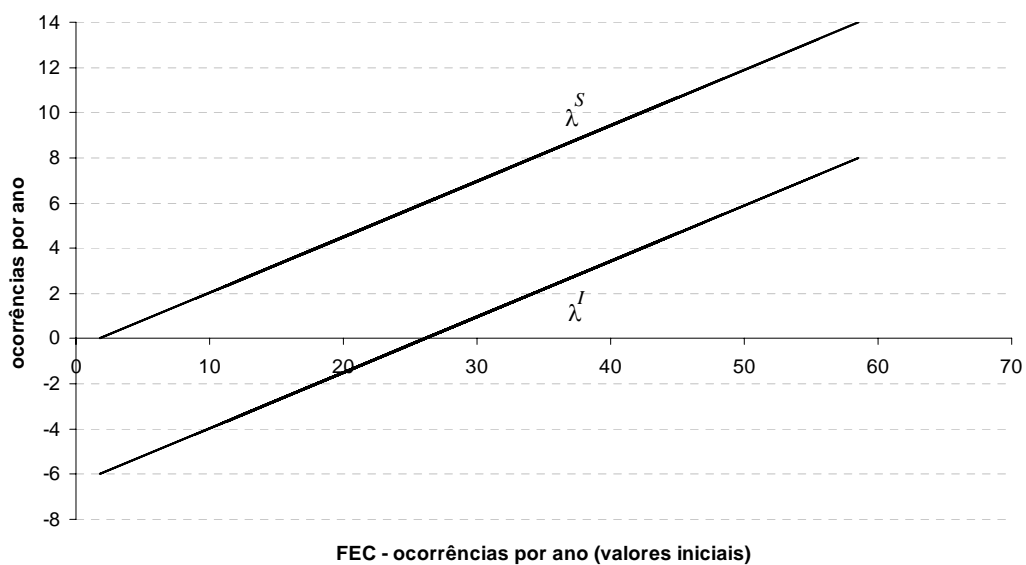


Figura 49: Componentes específicas em função dos valores iniciais de FEC

Observe que as componentes específicas são crescentes com os valores iniciais. Para valores iniciais baixos, permite-se uma redução da meta local em relação à meta regional ($\lambda_{wj}^I < 0$), enquanto que para valores iniciais elevados, as metas locais são superiores à meta regional ($\lambda_{wj}^I > 0$). O crescimento da componente λ_{wj}^S em função dos valores iniciais, implica em permitir maiores desvios da meta local em relação à meta regional, a medida que o valor inicial aumenta.

Continuando com a definição dos parâmetros do modelo, escolheu-se uma estrutura de pesos bastante simples para ponderar os desvios na função objetivo. A estrutura consiste em fazer $\pi_{wj} = 1/98$, para todo conjunto w em uma regional j , onde 98 é o total de conjuntos da Ampla em 2001.

De forma semelhante ao realizado no caso da Light, adicionou-se uma restrição ao conjunto de restrições do modelo para definição das metas locais, com a finalidade de impor metas regionais superiores à meta estabelecida para a região com a maior potência instalada, neste caso a regional Oceânica.

A seguir, nas Figuras 50 e 51 são apresentadas as metas propostas para o DEC e para o FEC, juntamente com os respectivos valores iniciais, em cada regional da Ampla. Para atingir as metas globais de DEC e FEC, o modelo propôs reduções expressivas dos índices de continuidade nas quatro regionais.

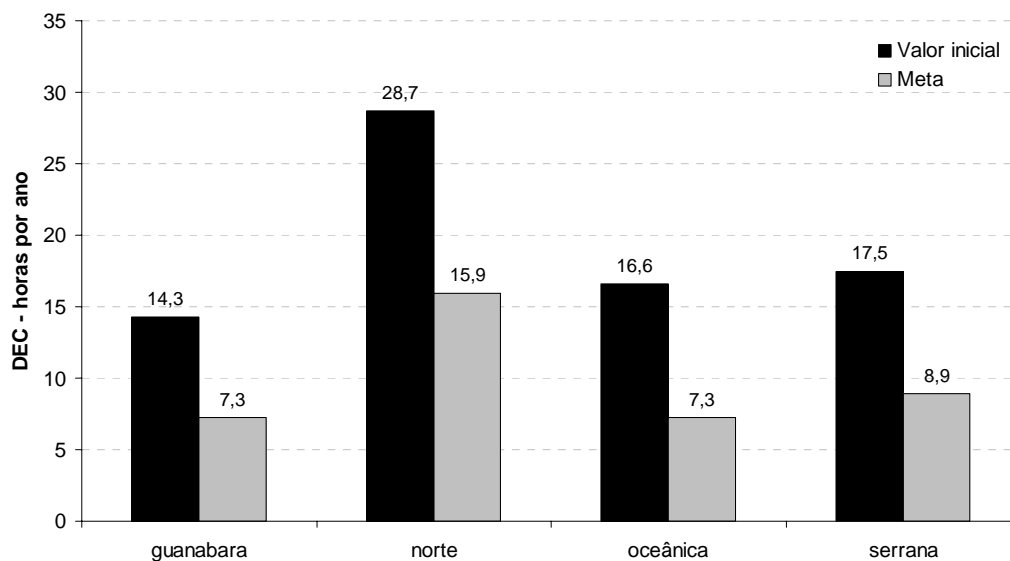


Figura 50: Metas de DEC para as regionais da Ampla

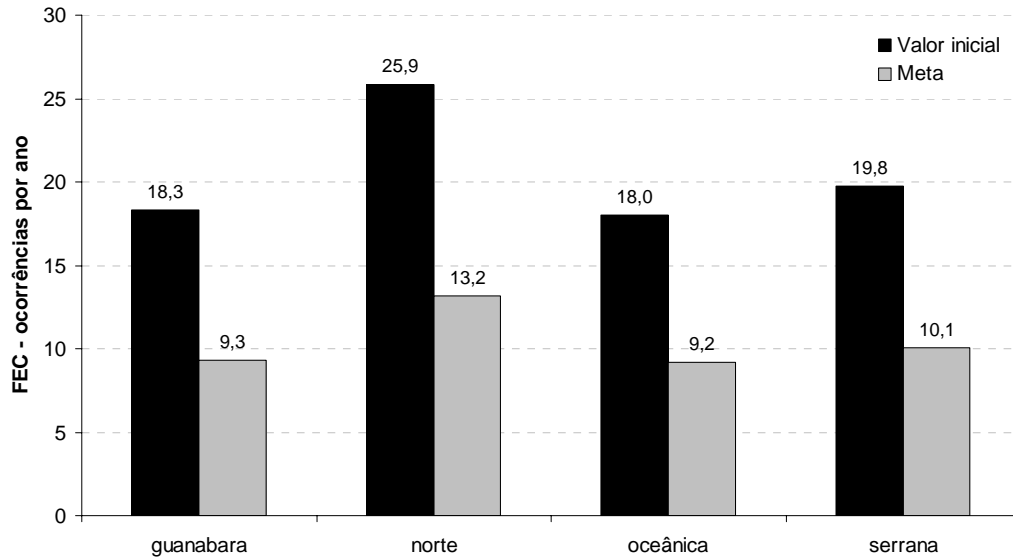


Figura 51: Metas de FEC para as regionais da Ampla

As reduções nas metas de continuidade das regionais também podem ser visualizadas pelo deslocamento da fronteira eficiente do DEC e do FEC, conforme ilustrado, respectivamente, nas Figuras 52 e 53.

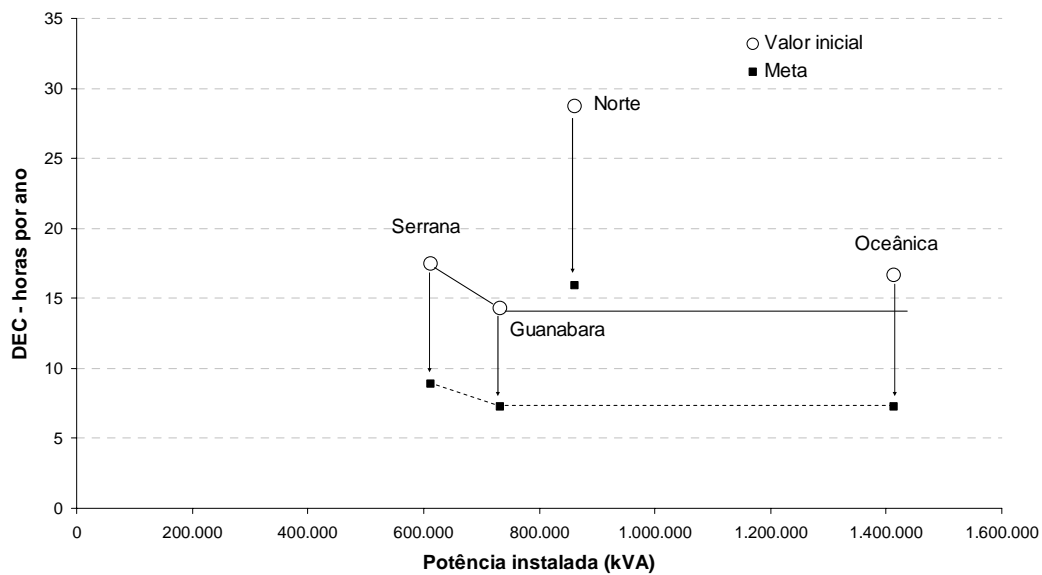


Figura 52: Deslocamento da fronteira eficiente do DEC

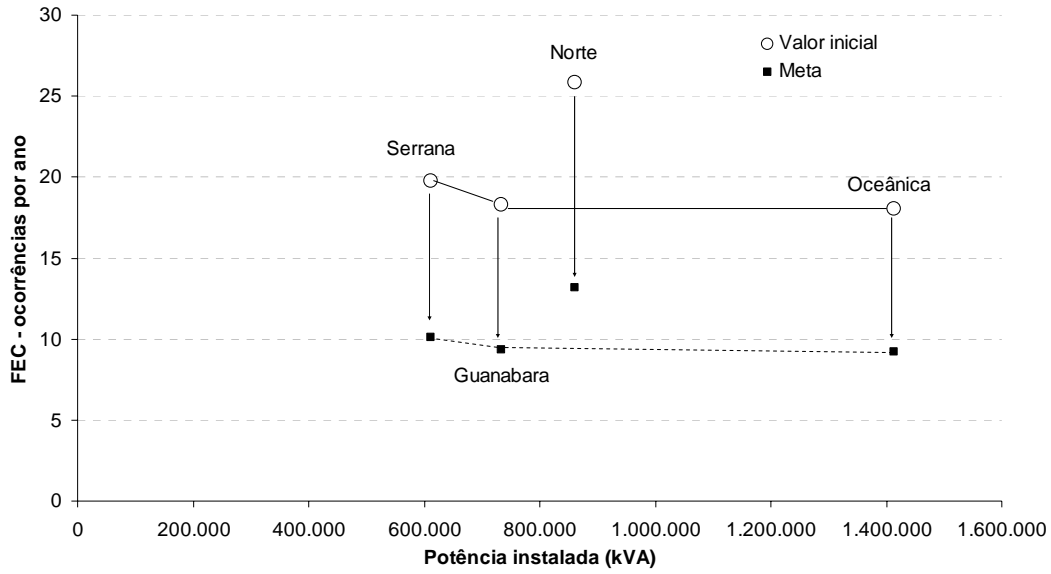


Figura 53: Deslocamento da fronteira eficiente do FEC

A seguir, nas Figuras 54, 55, 56 e 57 são apresentadas as metas de continuidade (DEC) dos conjuntos, os valores iniciais (dec_{wj} no modelo para estabelecimento das metas locais) e os limites inferiores e superiores adotados nas restrições 5.7 e 5.8, definidos pelas equações 6.5 e 6.6.

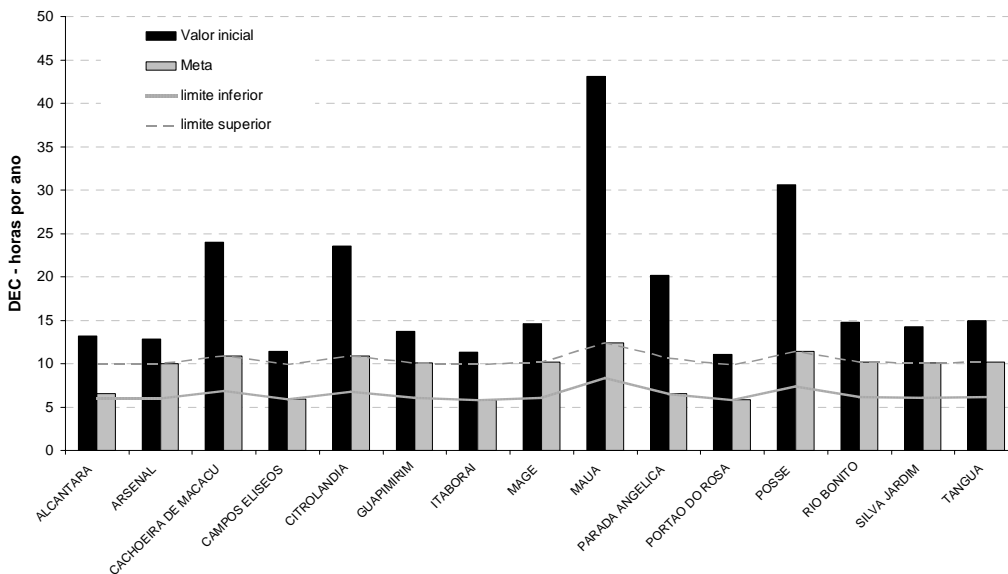


Figura 54: DEC (valores iniciais e metas) na regional Guanabara

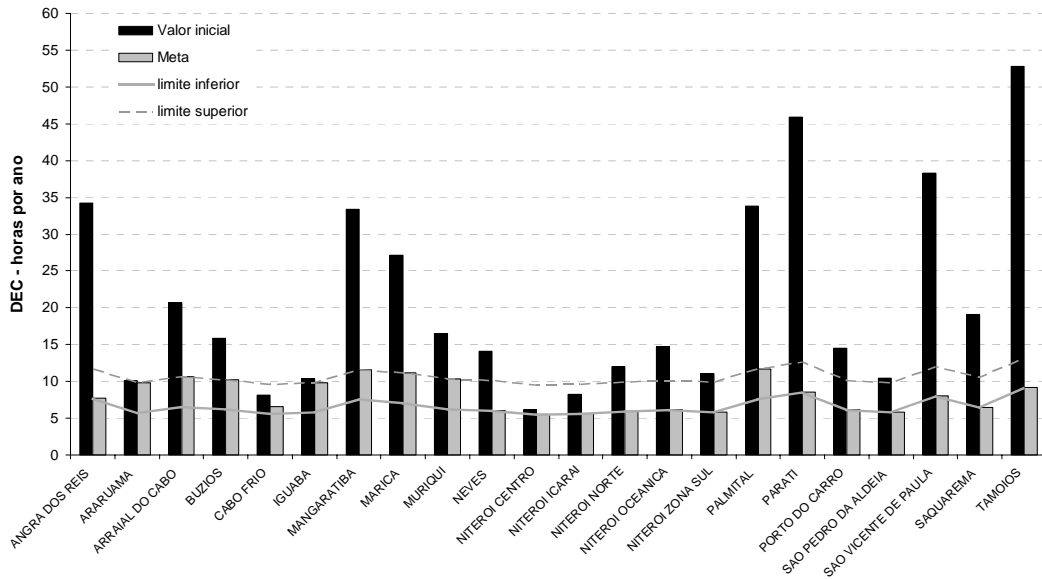


Figura 55: DEC (valores iniciais e metas) na regional Oceânica

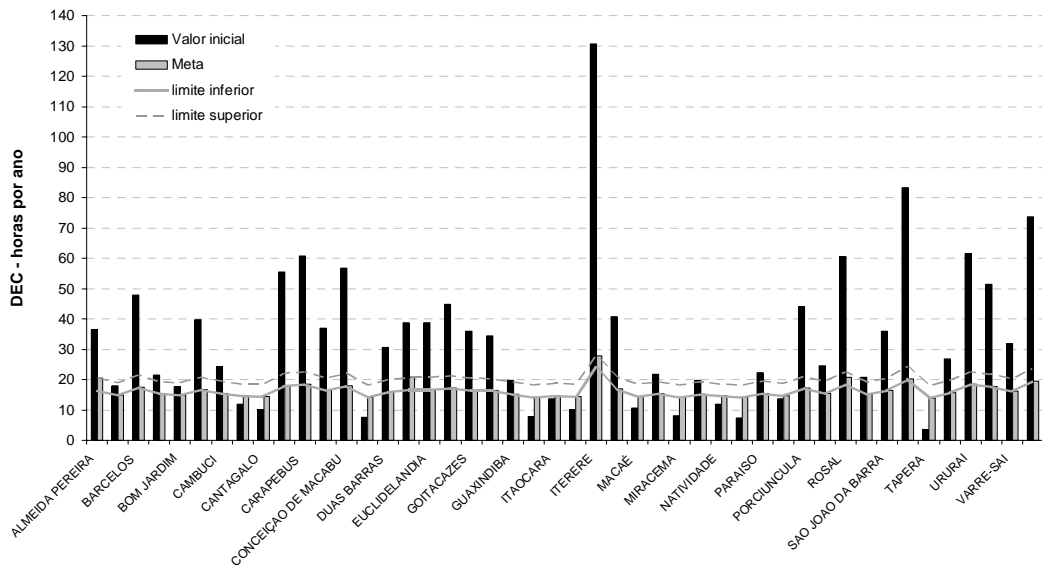


Figura 56: DEC (valores iniciais e metas) na regional Norte

Para a maioria dos conjuntos, o modelo estabeleceu metas de continuidade inferiores aos valores iniciais. As exceções podem ser observadas na Figura 56, onde as metas de alguns conjuntos são superiores aos respectivos valores iniciais, como por exemplo, o conjunto Tapera, que apresenta um valor inicial atípico entre os conjuntos da região Norte (DEC = 3,56 horas por ano e FEC = 1,77 ocorrências por ano).

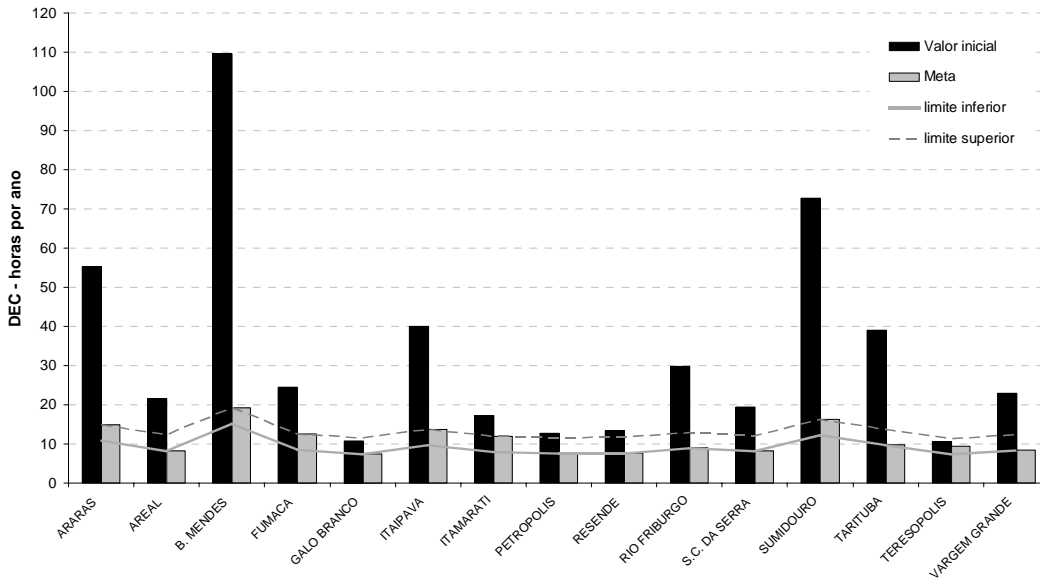


Figura 57: DEC (valores iniciais e metas) na regional Serra

As metas locais para o FEC são apresentadas a seguir, nas Figuras 58, 59, 60 e 61, juntamente com os valores iniciais e os limites inferiores e superiores adotados nas restrições 5.7 e 5.8, também definidos pelas equações 6.5 e 6.6.

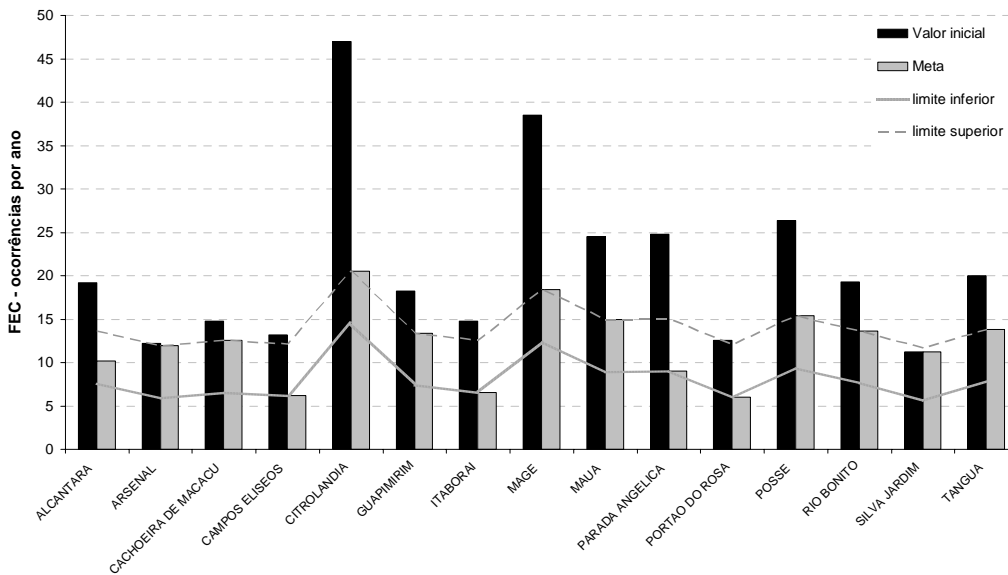


Figura 58: FEC (valores iniciais e metas) na regional Guanabara

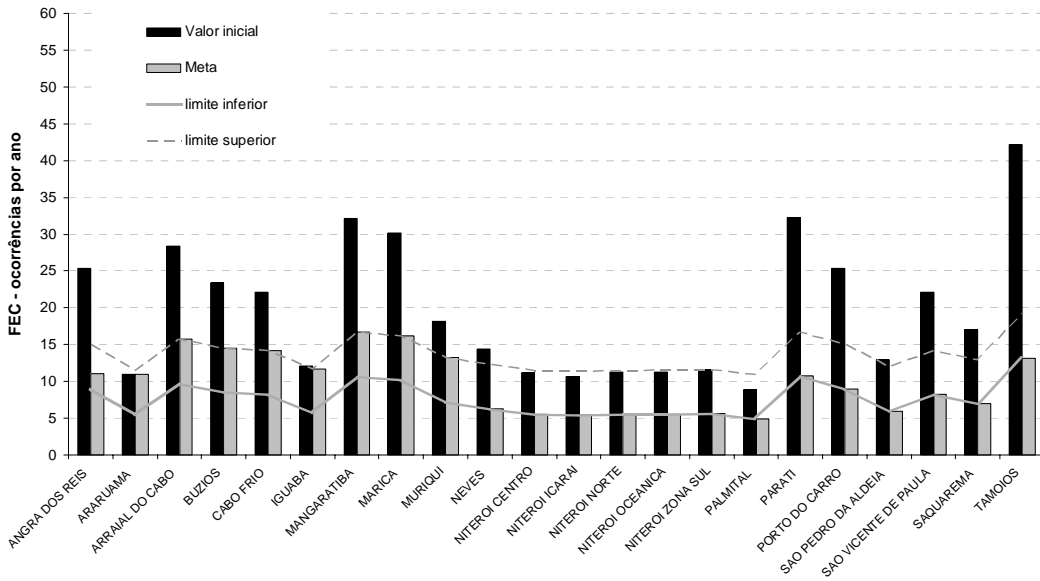


Figura 59: FEC (valores iniciais e metas) na regional Océânica

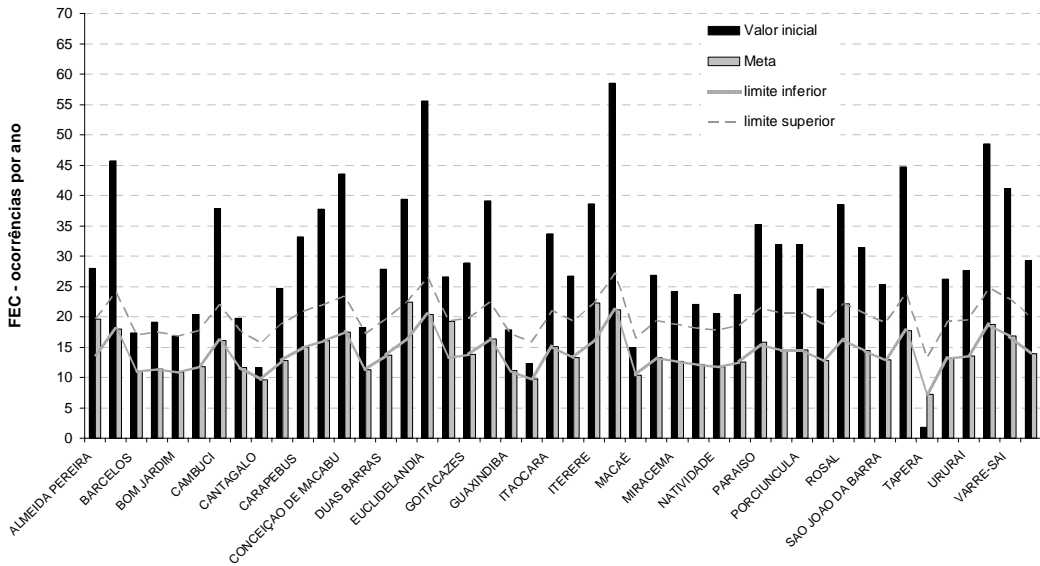


Figura 60: FEC (valores iniciais e metas) na regional Norte

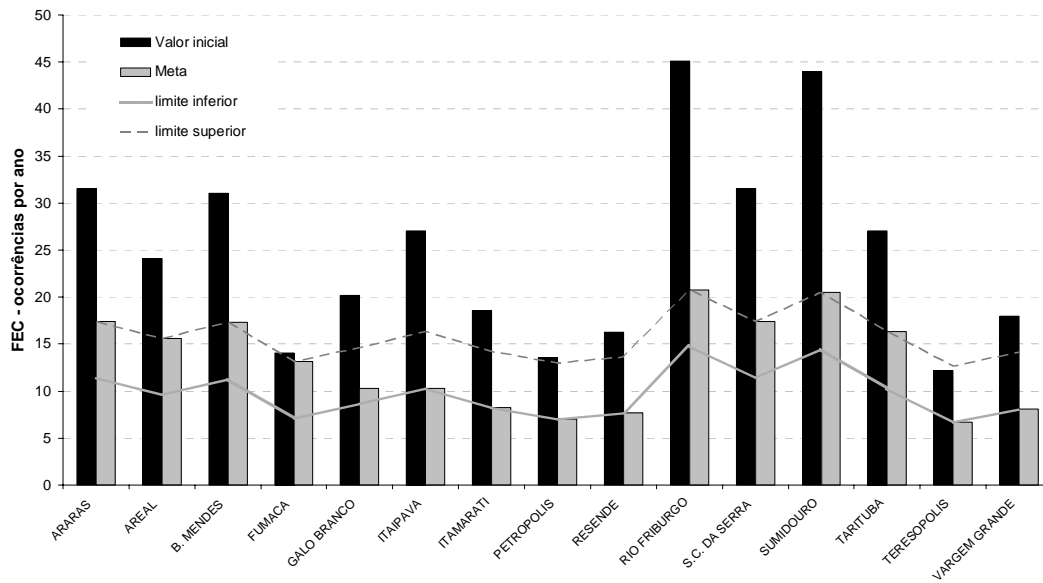


Figura 61: FEC (valores iniciais e metas) na regional Serrana