

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 1086

DO *RANKING* DAS DISTRIBUIDORAS AO RISCO DE CRÉDITO NO *POOL* — A REMUNERAÇÃO DOS INVESTIMENTOS EM GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL

**Katia Rocha
Francisco A. Alcaraz Garcia**

Rio de Janeiro, abril de 2005

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 1086

DO *RANKING* DAS DISTRIBUIDORAS AO RISCO DE CRÉDITO NO *POOL* — A REMUNERAÇÃO DOS INVESTIMENTOS EM GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL*

Katia Rocha**

Francisco A. Alcaraz Garcia***

Rio de Janeiro, abril de 2005

* Os autores agradecem a Paul Hennemeyer (consultor AES), Pedro David e Victor Ribeiro (Furnas), Luiz Augusto Barroso (PSR/ Mercados de Energia) e Ajax Belo Moreira (IPEA) pelas relevantes sugestões e explicações. Agradecem também a Carlos Patrício Samané e Antonio Carlos Figueiredo (PUC-Rio) pelos comentários e apoio.

** Do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

katia@ipea.gov.br

*** Da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e do Institute for Advanced Management Systems Research (IAMSR) — Abo Akademi University.

falcaraz@abo.fi

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

Ministro – Paulo Bernardo Silva

Secretário-Executivo – Nelson Machado



Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o IPEA fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais, possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro, e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Glauco Arbix

Diretora de Estudos Sociais

Anna Maria T. Medeiros Peliano

Diretor de Administração e Finanças

Celso dos Santos Fonseca

Diretor de Cooperação e Desenvolvimento

Luiz Henrique Proença Soares

Diretor de Estudos Regionais e Urbanos

Marcelo Piancastelli de Siqueira

Diretor de Estudos Setoriais

Mario Sergio Salerno

Diretor de Estudos Macroeconômicos

Paulo Mansur Levy

Chefe de Gabinete

Persio Marco Antonio Davison

Assessor-Chefe de Comunicação

Murilo Lôbo

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

ISSN 1415-4765

JEL G38, G33, Q48

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Uma publicação que tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos, direta ou indiretamente, pelo IPEA e trabalhos que, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 1

2 RISCO DE CRÉDITO NO *POOL* 2

3 RESULTADOS 6

4 SUMÁRIO E CONCLUSÕES 9

APÊNDICE A 11

APÊNDICE B 20

BIBLIOGRAFIA 22

SINOPSE

A regulação do setor elétrico brasileiro, instituída em 2004, introduziu dois mercados de comercialização de energia: o ambiente de contratação regulada (ACR)/*pool* e o ambiente de contratação livre (ACL). A competição no *pool* é garantida através de leilões, onde o gerador vencedor assina contratos bilaterais padronizados de longo prazo — *Power Purchase Agreements* (PPA) — simultaneamente com cada empresa de distribuição ao preço do leilão.

Estimamos o *ranking* e *rating* das distribuidoras através da metodologia de *cluster*, e atribuímos risco de crédito no *pool* ao *rating* B– (dois níveis abaixo do Risco Brasil), o que corresponde a um *spread* no intervalo de 5,75% a 8,5%. Esse *spread* é pelo menos 208 pontos-base maior do que o correspondente à nota Ba1/BB+ atribuída às empresas distribuidoras pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nas revisões tarifárias periódicas, subestimando o risco. Os resultados indicam que, em média, empresas de maior risco/*spread* estão localizadas no Sul-Sudeste, em comparação com as de menor risco/*spread* que se concentram no Norte-Nordeste. Esse comportamento é mantido durante todo o período de estudo (2001-2004). Devido ao mecanismo de compartilhamento de riscos no *pool*, um gerador que negociava no mercado Norte-Nordeste está, agora, assumindo um risco de crédito maior em 480 pontos-base.

Estimamos o custo de oportunidade do capital necessário à remuneração dos investimentos em geração entre 13% e 16% em termos reais. Essencial na determinação dos preços nos leilões de energia, essa taxa é consideravelmente maior que o custo de capital de 11,26% adotado pela Aneel nas revisões tarifárias de 2003 e 2004.

Uma vez que o mercado apreça racionalmente a relação entre risco e retorno, a percepção sobre o risco de crédito deve ser considerada na determinação do custo de capital de forma a preservar a remuneração adequada aos investimentos e a viabilidade econômico-financeira necessária à expansão da geração no Brasil.

ABSTRACT

The new Brazilian Electric Sector Regulation issued in 2004 introduced two negotiation markets for the energy supply: the regulated pool (ACR) and the free market (ACL). Competition is enforced via energy auctions, where the winning generator has to sign long-term power purchase agreements (PPA) simultaneously with all distributors at the bidding-price. In order to estimate the appropriate credit risk spread of the pool, we implement a clustering methodology to rank and rate the distributors. The results show an average spread between 5.75% and 8.5% for the pool, which corresponds to a credit rating of B– (two levels below the Brazilian country risk). This estimation is at least 208 basis points higher than the credit rating Ba1/BB+ assigned to the distributors by the National Electric Energy Agency (Aneel) in the periodic tariff revisions, which implies an underpricing of risk. On average, distributors with higher risk/spread are located in the South-Southeast region, compared to the low risk/spread ones that are concentrated in the North-Northeast. This behavior is kept during the period of study (2001-2004). Due to the risk

sharing mechanism of the pool, a generator that used to trade just in the North-Northeast market is now bearing a risk 480 basis points higher.

We estimate the opportunity cost of capital in real terms in the range 13%-16% to account for the credit risk of the pool. Essential to determine the bidding price at the auctions, this estimation is considerably higher than the 11.26% opportunity cost estimated by Aneel in the 2003-2004 periodic revisions. Since efficient markets should correctly price the risks and returns, the pool's credit risk has to be taken into consideration, especially for compensating private capital investments in Brazilian power generation.

1 INTRODUÇÃO

A nova regulação do setor elétrico brasileiro, instituída em 2004, introduziu mudanças significativas no mercado elétrico brasileiro. A regulação anterior, orientada ao mercado, não obteve sucesso na criação do ambiente econômico necessário para atrair os investimentos em geração requeridos. A insuficiente expansão do sistema brasileiro foi a principal causa da escassez de energia que culminou no programa de racionamento energético de 2001-2002, devendo-se ainda mencionar o baixo índice de chuva, a ausência de indicadores econômicos bem definidos e riscos cambiais e regulatórios não considerados.

A regulação atual baseia-se em um planejamento centralizado que pretende atrair o capital privado necessário para a expansão da geração de forma consistente com as características e peculiaridades do sistema elétrico brasileiro.¹ Os principais objetivos da atual regulação são garantir a segurança na geração de oferta, promover tarifas razoáveis aos menores custos possíveis e integração social através de um programa de universalização de energia.

A oferta de energia pode ser comercializada em dois mercados: o ambiente de contratação regulada (ACR)/*pool* e o ambiente de contratação livre (ACL). O primeiro inclui todas as empresas de distribuição — atualmente 64 —, correspondendo a 85% da demanda (consumidores cativos) e o último inclui os consumidores livres e os comercializadores. A concorrência na geração no ambiente do *pool* é garantida através de leilões de preço e quantidade, com contratos bilaterais padronizados *Power Purchase Agreements* (PPA) de longo prazo (até 30 anos para novos investimentos).

É competência do *pool* organizar a energia assegurada vendida no leilão para cada empresa distribuidora, *pro rata* sua carga declarada.

O *pool* institui um mecanismo de compartilhamento de riscos (*risk-share*), onde cada gerador vencedor formaliza um contrato bilateral de longo prazo denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrado, simultaneamente, com todos os agentes de distribuição compradores ao preço do leilão (em R\$/MWh). Diversas penalidades são aplicadas no caso de inadimplência, porém não há garantias governamentais quanto ao recebimento dos PPAs.

Em 2005, aproximadamente 80% dos distribuidores são empresas privadas, cujos indicadores econômico-financeiros variam consideravelmente, especialmente após o período do racionamento de 2001-2002, que impactou negativamente os fluxos de caixa das empresas em decorrência da redução compulsória de 20% na demanda de energia, efeito que permanece até hoje.

A principal questão relaciona-se ao financiamento e viabilidade econômica dos investimentos via esquemas de *project finance* que permitirão atrair o capital privado necessário para a expansão da geração. Considerando uma estimativa de crescimento econômico da ordem de 5%, o aumento na demanda de energia situa-se entre 7% e 8%. Estima-se que de 2005 a 2012 o setor elétrico demandará US\$ 6 bilhões por

1. Atualmente, a maioria (90%) da potência do sistema elétrico brasileiro (91GW) é gerada por hidroeletricidade. Um grande sistema de bacias, complexo e altamente integrado, gera energia a baixo custo por longos períodos de tempo, sendo, porém, vulnerável a incertezas no regime de afluência.

ano, 50% destes para geração. O primeiro leilão para geração de energia nova está previsto para o segundo semestre de 2005.

De forma a promover a expansão de geração requerida, alguns pontos críticos relacionados à remuneração do capital devem ser considerados pelo governo, investidores e agentes do mercado:

- estimativa apropriada do risco de crédito no *pool*, contendo diversas distribuidoras de diferentes níveis de créditos (*ratings* e *spreads*); e
- estimativa do Risco Brasil, risco cambial e risco regulatório.

Os itens anteriores já são considerados na metodologia de revisão tarifária periódica das concessionárias de distribuição pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Entretanto, persistem algumas inconsistências metodológicas, tais como:

- A revisão atribui o mesmo *rating* de risco de crédito *Moody's* Ba1 a todas as distribuidoras. Ainda que se entenda como mecanismo de incentivo para as distribuidoras em direção à eficiência de uma empresa de referência, essa afirmação não corresponde à realidade, uma vez que, atualmente, o maior *rating* das distribuidoras brasileiras na escala global de moeda local é Ba3/BB- e o menor, Ca/CC [ver *Moody's Latin America Ratings List (2005)* ou *Standard & Poor's Latin America Issuer Ratings List (2005)*]. A atribuição dessa nota sinaliza uma empresa de referência irrealista, uma vez que o próprio governo brasileiro é classificado como Ba3, o que implica uma subestimação de risco e retorno.

- O risco Brasil é igualmente subestimado, uma vez que, ao invés de se considerar a totalidade do EMBI+ Brasil, subtrai-se o *spread* médio de empresas americanas de mesmo *rating*.

O objetivo deste estudo é estimar o risco de crédito no ACR, *pool*, e seu efeito sobre a exposição de risco dos geradores e distribuidores do Norte-Nordeste *versus* Sul-Sudeste do Brasil. Para tal, estabelecemos o *ranking* e o *rating* das concessionárias de distribuição através da metodologia de *cluster* que considera vários índices financeiros obtidos dos demonstrativos financeiros consolidados de 2001-2004. A estimativa do risco de crédito no *pool* é fundamental para o cálculo do custo de oportunidade do capital, variável essencial na determinação dos preços nos leilões de energia nova. O custo de capital, assim obtido, proporciona a remuneração adequada aos investimentos e promove a viabilidade econômico-financeira da geração, refletindo os custos e riscos reais incorridos.

A Seção 2 define o risco de crédito no *pool* e apresenta a metodologia de *cluster* utilizada na determinação do *ranking* das distribuidoras, mostrando suas vantagens em relação às técnicas tradicionais. A Seção 3 mostra os resultados para o *ranking*, fornecendo uma estimativa para o risco de crédito do *pool* e custo de capital. A Seção 4 apresenta as principais conclusões.

2 RISCO DE CRÉDITO NO *POOL*

Todo contrato envolvendo o recebimento de fluxos de caixa reflete em seu preço um *spread* para compensar pelo risco de inadimplência da parte devedora. O conceito de inadimplência não se limita apenas à falência empresarial, mas abrange qualquer inadimplência ou atraso nos pagamentos desses fluxos. A consequência da inadimplência

é um processo de renegociação que, na maioria dos casos, implica perdas aos credores. Quanto maior o risco do credor, maior o *spread* de crédito requerido.

O *pool* incorpora o risco de crédito de todos os distribuidores do ACR, ponderado pela sua participação no mercado nacional. O PPA firmado no ato do leilão é similar a um *contrato de financiamento* de longo prazo, onde os pagamentos mensais futuros, ajustados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), devem ser pagos pelas distribuidoras aos geradores em contrapartida à energia nova incorporada ao sistema. Os PPAs dos leilões de energia nova, que seguem a modalidade de disponibilidade de energia, não apresentam risco hidrológico para os geradores uma vez que os custos decorrentes destes são assumidos pelos agentes compradores, garantido o repasse ao consumidor final. O custo de capital apropriado para descontar esses fluxos deve considerar o risco do investimento, que não coincide necessariamente com o custo médio ponderado capital da empresa (WACC) [ver Brealey e Myers (2001)]. Como em todo contrato de financiamento, o custo de capital é composto da parcela referente à taxa de juros sem risco adicionada ao *spread* do *pool*, que reflete a percepção do risco de crédito (inadimplência) da contraparte. Ao analisar empresas em países emergentes, o custo de capital é ainda ajustado ao risco país.² No Brasil, de acordo com a metodologia adotada na revisão tarifária periódica das concessionárias de distribuição pela Aneel, tanto o risco cambial quanto o regulatório são adicionados de forma *ad-hoc*.

A Tabela 1 apresenta as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica consideradas neste estudo, e sua participação no mercado nacional no período de setembro 2003 a agosto de 2004 [ver Aneel (2004)].

TABELA 1
PARTICIPAÇÃO NO MERCADO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO
[em %]

Empresa	Participação
Centrais Elétricas Matogrossenses S/A (Cemat)	1,3214
Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig)	11,0311
Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)	11,4933
Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A (Enersul)	0,9766
AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A (AES-SUL)	2,4711
Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro (Cerj)	3,2290
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba)	4,0034
Centrais Elétricas do Pará S/A (Celpa)	1,5099
Elektro Eletricidade e Serviços S/A (Elektro)	3,4671
Bandeirante Energia S/A (Bandeirante)	3,2024
Companhia Piratininga de Força e Luz (CPFL - Piratininga)	3,5264
Light Serviços de Eletricidade S/A (Light)	6,2510
Companhia Energética de Brasília (CEB)	1,2337
Companhia Energética do Ceará (Coelce)	2,1340
Companhia Energética do Rio Grande do Norte (Cosern)	1,0478
Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A (Eletropaulo)	11,3961
Companhia Força e Luz Cataguazes - Leopoldina (CFLCL)	0,8846
Companhia Paranaense de Energia (Copel)	5,9612
Centrais Elétricas Santa Catarina S/A (Celesc)	4,7063
Espírito Santo Centrais Elétricas S/A (Escelsa)	2,7787
Rio Grande de Energia S/A (RGE)	2,1916
Companhia Energética de Goiás (Celg)	2,4242

(continua)

2. Para uma visão geral dos diversos modelos de avaliação para a América Latina, e mercados emergentes ver Damodaran (2002) e Pereiro (2001).

(continuação)

Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE)	2,1458
Companhia Energética de Pernambuco (Celpe)	2,5895
Serviços de Eletricidade S/A (Caiuá)	3,8394
Total	95,82

2.1 METODOLOGIA DE CLUSTER

Desde a introdução da análise discriminante por Altman (1968), essa técnica tem sido extensivamente utilizada em previsão de falências. Pressupõe-se que quanto mais perto da falência, maior é o risco e, portanto, o *spread*. Os bons resultados obtidos com essa metodologia confirmam o poder preditivo dos índices financeiros. Entre os estudos publicados para previsão de falência utilizando análise discriminante no Brasil, os resultados de Altman, Baidya e Rivero Dias (1979), Kanitz (1974), Elizabetzky (1976), Matias (1976), e Pereira da Silva (2003) são geralmente reconhecidos.

A análise discriminante é uma técnica que aloca, dadas duas populações bem definidas, novos indivíduos desconhecidos em algum dos dois grupos. Nesse caso, temos a população de empresas solventes e insolventes e o modelo encontra a função matemática dos índices financeiros que melhor separa esses dois grupos através de uma regressão linear multivariada. Analisando os resultados podemos identificar quais os índices significativos e encontrar o ponto crítico acima do qual uma empresa é mais solvente e abaixo deste, mais insolvente.

Apesar do bom desempenho na previsão de falências, a análise discriminante é restringida pela necessidade antecipada de dois grupos claramente definidos de empresas solventes e insolventes, e, geralmente, dentro do mesmo setor e área geográfica. Isso, algumas vezes, é de difícil obtenção devido à falta de informações históricas, ao número insuficiente de empresas dentro de cada grupo e à necessidade de atualizar os elementos pertencentes a cada grupo, conforme a sua evolução. Ainda, o ponto crítico varia, dependendo da seleção de índices, do período de estudo e da sua frequência (trimestral, anual etc.), assim como o maior e o menor valor obtidos da regressão linear. Finalmente, uma vez que o modelo é linear, só considera relações lineares entre os *inputs* e não é raro encontrar coeficientes negativos para índices do tipo “quanto maior, melhor” ou vice-versa.

De forma a superar essas limitações e determinar o *spread* do *pool* com maior exatidão, implementamos um algoritmo de *cluster* FCM ponderado para estabelecer um *ranking* das empresas distribuidoras de capital aberto no Brasil. O algoritmo FCM foi introduzido pela primeira vez por Bezdek (1981) e atribui diferentes ponderações (grau de pertinência) aos elementos do grupo, indicando o grau em que cada observação (empresa) pertence a cada *cluster* (grupo). Um *cluster* é uma partição na qual elementos compartilham características ou padrões similares. Isso significa que cada empresa pode conter, com diferentes intensidades, características de mais de um *cluster*. Os graus estão expressos no intervalo fechado $[0, 1]$, onde 0 significa que a empresa não pertence ao respectivo *cluster* e 1, que pertence totalmente.

Como uma generalização do algoritmo FCM, Keller e Klawonn (2000) introduziram ponderações para descobrir a influência de cada atributo (índice) em cada *cluster*. De forma a permitir uma comparação maior à análise discriminante, onde cada índice possui um só coeficiente, modificamos o algoritmo apresentado por

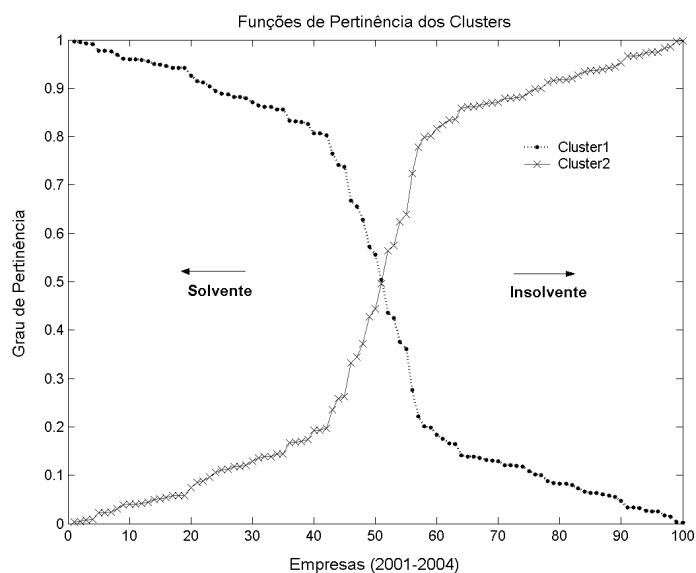
Keller e Klawonn e permitimos uma só ponderação para todos os *clusters*.³ Assinalamos à empresa o respectivo *cluster* em função do seu grau de pertinência.

Como queremos discriminar entre dois grupos, empresas solventes e insolventes, especificamos o algoritmo para separar entre dois *clusters*. Utilizamos como *inputs* 22 índices financeiros (ver Apêndice A) obtidos dos demonstrativos financeiros consolidados disponíveis no *Economática* para 25 empresas de capital aberto durante o período de 2001-2004. Os distribuidores considerados totalizam aproximadamente 96% do mercado de distribuição no Brasil para 2004. A partir das ponderações obtidas, escolhemos 8 dos 22 índices financeiros inicialmente considerados como mais representativos na discriminação dos *clusters*. Esses índices, com as respectivas ponderações, são classificados em: *a*) índices de estrutura: exigível total/ativo total (19,65%), patrimônio líquido/exigível total (11,32%), patrimônio líquido/ativo fixo (8,65%) e dívida financeira moeda estrangeira/dívida financeira total (9,87%); *b*) índices de liquidez: liquidez geral (15,63%) e liquidez corrente (9,8%); e *c*) índices de rentabilidade: margem bruta (9,61%) e margem operacional (15,47%).

É importante mencionar que, diferentemente da análise discriminante, não introduzimos no algoritmo nenhuma informação *a priori* em relação a empresas solventes ou insolventes. Também podemos perceber que os resultados são sempre valores dentro do intervalo [0, 1], independentemente dos índices, frequência ou período considerado, e o ponto crítico se mantém em 0,5. Além disso, a metodologia de *cluster* incorpora relações não-lineares entre as variáveis.

O Gráfico 1 mostra o grau de pertinência de cada empresa a cada um dos dois *clusters* durante o período 2001-2004.

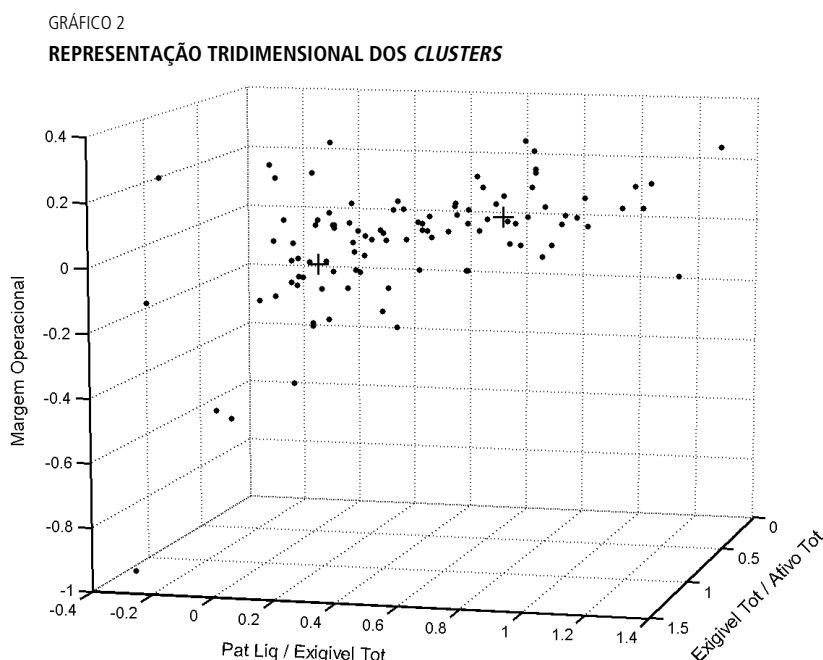
GRÁFICO 1
GRAU DE PERTINÊNCIA



3. Para uma descrição técnica do algoritmo, ver Apêndice B.

Ainda que o algoritmo utilizado só precise de índices financeiros como *input*, não há indicação de qual dos dois *clusters* corresponde ao de empresas solventes ou insolventes. Uma forma simples de solucionar esse problema é identificar nos relatórios da administração e nas notas explicativas quais empresas estudadas estavam insolventes, ou seja, falidas, inadimplentes, em processo de renegociação de dívida com credores ou bancos, privatizadas para garantir a continuação de operações, sob o programa financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), afiliadas aos programas Parcelamento Especial (Paes) ou Refinanciamento Fiscal (Refis), ou com patrimônio líquido negativo. O *cluster* contendo a maior parte dessas empresas é considerado como o *cluster* de empresas insolventes. Encontramos que as distribuidoras AES-Sul, Celg, Cemat, Elektro, Eletropaulo e Light estavam em sérias dificuldades financeiras durante o período de estudo, e também apareceram no mesmo *cluster* por todos os anos entre 2001 e 2004.

Uma representação tridimensional dos dois *clusters* é mostrada no Gráfico 2, onde os eixos representam os três índices financeiros mais significativos, e as cruzes são os centros dos dois *clusters*.



3 RESULTADOS

Estabelecemos o *ranking* das concessionárias de distribuição de acordo com o grau de pertinência das empresas ao *cluster* de empresas solventes. Consideramos o teto de BB- na escala local⁴ e A na escala nacional⁵ para o melhor *ranking*, e o nível CC nas

4. A escala global de moeda local é comparável globalmente e inclui efeitos do ambiente macroeconômico do país, tais como: taxa de juros, regulamentações, produtividade, ciclos econômicos e poder de compra do consumidor, e risco de desvalorização.

5. A escala nacional de *rating* é uma escala relativa da capacidade de pagamento dentro de um país em particular, e não reflete a percepção do *spread* demandado pelo mercado. Além disso, não é comparável entre países, mas sim de forma a direcionar o risco de crédito relativo dentro do próprio país.

duas escalas para o pior deles. Esses níveis estão de acordo com a maior e a menor nota dada pelas agências de *rating* às concessionárias de distribuição no Brasil em janeiro de 2005. Através de interpolação linear, associamos cada grau de pertinência ao *rating* apropriado (em moeda local e nacional). Considerando que a classificação de *rating* em moeda local indica a habilidade do emissor para honrar as suas obrigações em moeda local e reflete a percepção de risco (*spread*) do mercado, associamos cada *rating* local ao *spread* médio disponível na *Reuters* para o ano de 2004. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2
CLASSIFICAÇÃO DAS CONCESSIONÁRIAS
[NO = Norte, NE = Nordeste, S = Sul, SE = Sudeste]

Empresa	Grupo controlador	Grau de pertinência	Rating.br	Rating local	Spread médio (%)	Região
Celpa	Rede – QMRA (Br)	0,99668	A	BB–	3,00	NO
Enersul	Escelsa (Br)	0,98303	A	BB–	3,00	SE
Coelba	Previ(Br)/Iberdrola(Es)	0,96692	A	BB–	3,00	NE
Coelce	Endesa (Es)	0,96662	A	BB–	3,00	NE
Copel	Estado PR (Br)	0,94503	A	BB–	3,00	S
Cemig	Estado MG (Br)	0,93709	A	BB–	3,00	SE
Bandeirante	EDP (Pt)	0,91651	A–	BB–	3,00	SE
Celpe	Previ(Br)/Iberdrola(Es)	0,89999	A–	BB–	3,00	NE
Cosern	Coelba	0,86941	A–	BB–	3,00	NE
RGE	CPFL	0,83456	BBB+	B+	3,25	S
CPFL	VBC (Br)	0,80151	BBB+	B+	3,25	SE
Celesc	Estado SC (Br)	0,63984	BB+	B	4,75	S
Cerj	Endesa/EDP/Chilectra(CI)	0,62383	BB+	B	4,75	SE
CEB	Estado DF (Br)	0,37146	B+	CCC+	8,50	SE
AES-SUL	AES (Estados Unidos)	0,17449	CCC+	CCC	11,25	S
Cemat	Rede – Caiua/Inepar (Br)	0,16918	CCC+	CCC	11,25	SE
Eletropaulo	AES (Estados Unidos)	0,14391	CCC	CCC–	14,00	SE
CFLCL	Cataguazes (Br)	0,11826	CCC	CCC–	14,00	SE
Piratinga	VBC (Br)	0,11082	CCC	CCC–	14,00	SE
Escelsa	IVEN/GTD (Br)/EDP	0,05178	CCC–	CCC–	14,00	SE
Elektro	Enron (Estados Unidos)	0,044077	CCC–	CCC–	14,00	SE
Light	EDF (Fr)	0,040712	CCC–	CCC–	14,00	SE
Celg	Estado GO (Br)	0,024506	CCC–	CCC–	14,00	SE
Caiuá	Rede – EEVP (Br)	0,022848	CCC–	CCC–	14,00	SE
CEEE	Estado RS (Br)	0,022439	CCC–	CCC–	14,00	S
Pool				B–	7,80%	

A partir do *spread* dos distribuidores e da participação no mercado nacional, estimamos o *spread* médio no *pool* em 7,8%. Esse valor corresponde ao *rating* B– em moeda local, dois níveis abaixo da classificação de risco Brasil. Como os *ratings* são apresentados por faixas, todo o intervalo entre 5,75% e 8,5% de *spread* pode ser associado à nota B– do *pool*. Essa estimativa é pelo menos 208 pontos-base maior do que o *spread* de 3,67% (Ba1/BB+) atribuído aos distribuidores pela Aneel nas revisões

tarifárias de 2003 e 2004, subestimando o risco e o retorno dos investimentos em geração.

Como se pode perceber na Tabela 2, os distribuidores acima da linha dupla têm um *ranking* e risco de crédito melhor em média, o que implica menores *spreads* em comparação ao *pool*, enquanto os situados abaixo apresentam os maiores riscos. A região Norte-Nordeste parece concentrar as empresas de baixo risco/*spread*, com um *spread* médio de 3%, enquanto as empresas de alto risco do Sul-Sudeste apresentam um *spread* médio de 13,6%. Isso significa que, na média, os geradores que negociavam principalmente com distribuidores do Norte-Nordeste estão agora assumindo riscos maiores (480 pontos-base), ao contrário dos que negociavam com distribuidores do Sul-Sudeste. Esse processo é conhecido na literatura econômica como o clássico “problema do carona” (*free-rider*).⁶ No mecanismo de compartilhamento de riscos do *pool*, os distribuidores de menor risco (melhor *rating*) estão sujeitos a maiores *spreads* na compra de energia do que estariam em relação ao seu próprio nível de risco como consequência da presença de distribuidores de alto risco. Os resultados mostram que empresas em crise (piores *ratings*) estão localizadas no Sul-Sudeste e esse comportamento se mantém durante o período de estudo (2001-2004). A Tabela 3 apresenta a evolução dos *ratings* dos distribuidores de 2001 a 2004.

TABELA 3
EVOLUÇÃO DOS RATINGS — 2001-2004

Empresa	2001	2002	2003	2004
AES-SUL	CCC-	CCC	CCC	CCC
Bandeirante	CCC+	B+	B+	BB-
Caiuá	CCC	CCC-	CCC-	CCC-
CFLCL	CCC	CCC-	CCC-	CCC-
CEB	BB-	CCC+	B-	CCC+
CEEE	CCC-	CCC-	CCC-	CCC-
Celesc	BB-	CCC+	B	B
Celg	CCC-	CCC-	CCC-	CCC-
Celpa	BB-	BB-	BB-	BB-
Celpe	BB-	BB-	BB-	BB-
Cemat	B-	CCC-	CCC-	CCC
Cemig	BB-	BB-	BB-	BB-
Cerj	CCC-	CCC-	CC	B
Coelba	BB-	BB-	BB-	BB-
Coelce	BB-	BB-	BB-	BB-
Copel	BB-	BB-	BB-	BB-
Cosern	BB-	BB-	BB-	BB-
CPFL	B+	B+	BB-	B+
Elektro	CCC-	CCC	CCC-	CCC-
Eletropaulo	B-	CCC-	CCC	CCC-
Enersul	BB-	BB-	BB-	BB-
Escelsa	CCC	CCC-	CCC-	CCC-
Light	CCC-	CCC-	CCC-	CCC-
Piratininga	CCC	CCC-	CCC-	CCC-
RGE	B+	B+	BB-	B+

6. Os autores agradecem a Paul Hennemeyer por ressaltar esse ponto.

Finalmente, a partir do *spread* no *pool* estimado em 7,80%, apresentamos uma estimativa do custo de oportunidade do capital para os investimentos em geração. Conforme descrito na Seção 2, o PPA é similar a um *contrato de financiamento*, e seu custo de capital nominal (ρ) composto pela taxa de juros sem risco (r_f) adicionada ao *spread* (r_s) do *pool* e ao risco país (r_b).

$$\rho = r_f + r_s + r_b \quad (1)$$

Utilizamos os mesmos parâmetros estimados por Coutinho e Oliveira (2003) para a Aneel nas revisões tarifárias periódicas de 2003 e 2004, isto é, taxa de juros americana (r_f) de 6,01%, risco país (r_b) de 4,08% e índice de inflação americano (π) de 2,40%. Obtemos, a partir da equação (2), uma estimativa do custo de capital real (ρ^*) de aproximadamente 15%.

$$\rho^* = \frac{1 + r_f + r_s + r_b}{1 + \pi} - 1 = 15,1\% \quad (2)$$

Considerando todo o intervalo de *spread* possível de 5,75% a 8,5%, para o *rating* B- do *pool*, podemos estimar o intervalo para o custo de capital real entre 13% e 16%. Esse valor é consideravelmente maior do que o custo médio ponderado capital real de 11,26% adotado pela Aneel nas revisões periódicas tarifárias de 2003 e 2004.

Ao acrescentar *apenas* o risco cambial, estimado em 2,00% segundo metodologia da Aneel, obtemos o intervalo de 15% a 18% para o custo de capital real.

4 SUMÁRIO E CONCLUSÕES

O artigo estima o risco de crédito no ambiente de contratação regulada, *pool*, introduzido na regulação do setor elétrico brasileiro de 2004. Vários índices financeiros obtidos dos demonstrativos contábeis das empresas de distribuição durante o período 2001-2004, e largamente utilizados na análise discriminante, proporcionaram os *inputs* necessários para estabelecer o *ranking* das concessionárias de distribuição de energia elétrica participantes do *pool*, através do algoritmo de *cluster* FCM ponderado. Consideramos 25 empresas distribuidoras de capital aberto, abrangendo cerca de 96% do mercado de distribuição nacional, e oito índices financeiros (entre índices de *estrutura*, *liquidez* e *rentabilidade*) resultaram ser significativos a partir das ponderações obtidas no algoritmo. Utilizando o grau de pertinência ao *cluster* de empresas solventes estabelecemos uma correspondência entre o *ranking* das empresas e a escala de *ratings* da Standard & Poor's, determinando o risco de crédito no *pool* através da participação no mercado e do *spread* dos distribuidores.

Estimamos o risco de crédito no *pool* entre 5,75% e 8,5%, correspondendo a um *rating* B-, dois níveis abaixo da nota atual do risco Brasil. Essa estimativa é, no mínimo, 208 pontos-base maior do que o *spread* de 3,67% (Ba1/BB+) atribuído pela Aneel nas revisões tarifárias periódicas de 2003 e 2004, implicando uma subestimação do risco.

Em média, empresas de menor *rating* e maior risco/*spread* estão localizadas no Sul-Sudeste, em comparação às empresas de maior *rating* e menor risco/*spread* que se concentram no Norte-Nordeste, comportamento que se mantém durante todo o período de estudo (2001-2004). A maior parte do *spread* médio do *pool* corresponde aos distribuidores do Sul-Sudeste, os quais se beneficiaram com a introdução do *pool* ao assumirem um *spread* médio menor do que o implícito em seus *ratings*, em detrimento dos distribuidores do Norte-Nordeste. Esse mecanismo de compartilhamento de riscos do *pool* é conhecido como o “problema do carona” (*free-rider*). Em consequência, geradores que negociavam exclusivamente com distribuidores do Norte-Nordeste estão agora suportando maiores riscos em 480 pontos-base.

Estimamos o custo de oportunidade do capital para os investimentos em geração no intervalo entre 13% e 16% em termos reais. Essencial para a determinação do preço de leilão da energia nova (programada para o segundo semestre de 2005), essa estimativa é consideravelmente maior do que o custo de capital de 11,26% adotado pela Aneel nas revisões periódicas de 2003 e 2004.

Dado que o mercado apreça racionalmente a relação entre risco e retorno, a percepção sobre o risco de crédito deve ser considerada na determinação do custo de capital. A estabilidade regulatória aliada a um sistema de garantias financeiras críveis e mecanismos que evitem a inadimplência nas liquidações dos contratos é fundamental, bem como o cuidado dos agentes de mercado, investidores e governo em relação à formação de preço do leilão, incluindo o preço de reserva, de forma a preservar a remuneração adequada dos investimentos e a viabilidade econômico-financeira necessária à expansão da geração no Brasil.

APÊNDICE A

TABELA A1
INDICADORES DE ESTRUTURA DE CAPITAL

Dívida financeira total/ativo total = (financiamentos CP e LP + debêntures CP e LP)/ativo total	Quanto menor, melhor
Patrimônio líquido/dívida financeira total = patrimônio líquido/(financiamentos CP e LP + debêntures CP e LP)	Quanto maior, melhor
Exigível total/ativo total = (passivo circulante + exigível LP)/ativo total ^a	Quanto menor, melhor
Patrimônio líquido/exigível total = patrimônio líquido/(passivo circulante + exigível LP) ^a	Quanto maior, melhor
Dívida financeira total/exigível total = (financiamentos CP e LP + debêntures CP e LP)/(passivo circulante + exigível LP)	Quanto menor, melhor
Dívida financeira CP/dívida financeira total = (financiamentos CP + debêntures CP)/(financiamentos CP e LP + debêntures CP e LP)	Quanto menor, melhor
Passivo circulante/ativo total	Quanto menor, melhor
Patrimônio líquido/ativo fixo ^a	Quanto maior, melhor
Ebit/Despesa financeira = lucro operacional próprio/despesas financeiras	Quanto maior, melhor
Ebitda/Despesa financeira = (lucro operacional próprio + depreciação e amortização)/despesas financeiras	Quanto maior, melhor
Dívida financeira moeda estrangeira/dívida financeira total = dívida financeira moeda estrangeira/(financiamentos CP e LP + debêntures CP e LP) ^a	Quanto menor, melhor

^a Índices financeiros significativos selecionados no estudo.

TABELA A2
INDICADORES DE LIQUIDEZ

Liquidez geral = (ativo circulante + realizável LP)/(passivo circulante + exigível LP) ^a	Quanto maior, melhor
Liquidez corrente = ativo circulante/passivo circulante ^a	Quanto maior, melhor
Ativo circulante/dívida financeira CP = ativo circulante/(financiamentos CP + debêntures CP)	Quanto maior, melhor

^a Índices financeiros significativos selecionados no estudo.

TABELA A3
INDICADORES DE RENTABILIDADE

Giro do ativo = receita líquida operacional/ativo total	Quanto maior, melhor
Margem bruta = lucro bruto/receita líquida operacional ^a	Quanto maior, melhor
Margem operacional = lucro operacional/receita líquida operacional ^a	Quanto maior, melhor
Margem líquida = lucro líquido/receita líquida operacional	Quanto maior, melhor
Margem Ebit = lucro operacional próprio/receita líquida	Quanto maior, melhor
Margem Ebitda = (lucro operacional próprio + depreciação e amortização)/receita líquida	Quanto maior, melhor
Rentabilidade do ativo = lucro líquido/ativo total	Quanto maior, melhor
Rentabilidade sobre o patrimônio = lucro líquido/patrimônio líquido	Quanto maior, melhor

^a Índices financeiros significativos selecionados no estudo.

Obs.: Todos os indicadores são corrigidos quando a compensação de sinal faz um índice passar de ruim para bom.

TABELA A4

Empresa	Exigível total/ativo total			
	2001	2002	2003	09/2004
Copel	0,42	0,45	0,47	0,47
Coelce	0,49	0,53	0,51	0,51
Cemig	0,48	0,59	0,56	0,56
RGE	0,55	0,64	0,58	0,57
Cosern	0,55	0,61	0,59	0,57
Celpe	0,52	0,65	0,58	0,59
Coelba	0,60	0,66	0,63	0,61
Celpa	0,54	0,55	0,60	0,61
Enersul	0,56	0,63	0,65	0,61
Bandeirante	0,76	0,72	0,70	0,69
CPFL	0,61	0,70	0,68	0,69
CFLCL	0,69	0,72	0,72	0,72
Celesc	0,64	0,76	0,74	0,72
Cerj	0,90	0,88	0,89	0,76
CEB	0,55	0,73	0,75	0,80
Caiuá D	0,66	0,74	0,78	0,80
Cemat	0,70	0,75	0,79	0,81
Eletropaulo	0,73	0,82	0,81	0,81
Escelsa	0,74	0,90	0,86	0,84
Piratiniga	0,85	0,86	0,85	0,88
Light	1,01	0,89	0,93	0,93
Elektro	0,80	1,09	0,97	0,95
CEEE	0,80	0,87	0,92	0,97
Celg	0,92	1,13	0,98	0,98
AES-SUL	0,84	1,41	1,31	1,36

TABELA A5

Empresas	Patrimônio líquido/exigível total			
	2001	2002	2003	09/2004
Copel	1,37	1,24	1,12	1,15
Coelce	1,06	0,88	0,91	0,95
Cemig	1,10	0,70	0,78	0,78
RGE	0,83	0,57	0,73	0,76
Cosern	0,78	0,52	0,68	0,75
Celpe	0,94	0,51	0,72	0,70
Celpa	0,86	0,80	0,66	0,63
Enersul	0,77	0,57	0,53	0,62
Coelba	0,57	0,43	0,54	0,60
Bandeirante	0,31	0,39	0,42	0,46
CPFL	0,60	0,43	0,46	0,45
Celesc	0,57	0,32	0,35	0,38
Cerj	0,06	0,12	0,10	0,32
CEB	0,81	0,36	0,33	0,26
Cemat	0,44	0,34	0,27	0,24
Eletropaulo	0,37	0,22	0,23	0,23
CFLCL	0,20	0,14	0,15	0,14
Piratinga	0,17	0,16	0,17	0,14
Escelsa	0,28	0,07	0,12	0,13
Light	-0,01	0,13	0,07	0,07
Elektro	0,25	-0,08	0,03	0,05
Caiuá D	0,23	0,13	0,08	0,05
CEEE	0,24	0,15	0,09	0,03
Celg	0,09	-0,12	0,02	0,03
AES-SUL	0,19	-0,29	-0,24	-0,26

TABELA A6

Empresas	Patrimônio líquido/ativo fixo			
	2001	2002	2003	09/2004
Cosern	1,28	0,73	1,58	1,53
Celpe	1,06	0,67	1,20	1,20
Copel	0,85	0,89	0,92	0,99
Coelba	0,74	0,60	0,91	0,97
Bandeirante	0,51	0,79	0,83	0,90
Cemig	0,90	0,72	0,82	0,89
Celpa	0,79	0,77	0,83	0,83
Enersul	0,65	0,65	0,69	0,80
Coelce	0,71	0,78	0,76	0,78
Cerj	0,09	0,23	0,18	0,72
CPFL	1,19	1,28	1,30	0,71
Celesc	0,86	0,51	0,60	0,67
RGE	1,23	1,00	0,87	0,61
CEB	1,04	0,67	0,71	0,59
Cemat	0,51	0,45	0,41	0,49
Eletropaulo	0,54	0,40	0,43	0,43
Piratininga	0,29	0,37	0,38	0,33
Escelsa	0,44	0,15	0,24	0,27
CFLCL	0,27	0,22	0,23	0,21
Light	-0,02	0,25	0,13	0,14
Elektro	0,50	-0,14	0,05	0,09
Caiuá D	0,27	0,17	0,12	0,08
Celg	0,15	-0,26	0,04	0,07
CEEE	0,33	0,23	0,16	0,05
AES-SUL	0,30	-0,73	-0,55	-0,66

TABELA A7

Empresas	Dívida financeira moeda estrangeira/dívida financeira total			
	2001	2002	2003	09/2004
Elektro	0,00	0,00	0,00	0,00
Celesc	0,61	1,00	0,00	0,00
Piratinga	0,72	0,00	0,00	0,00
CFLCL	0,01	0,01	0,01	0,01
CEB	0,00	0,00	0,01	0,01
RGE	0,68	0,53	0,53	0,07
Cerj	0,66	0,56	0,40	0,08
Caiuá D	0,29	0,17	0,13	0,15
Celpe	0,84	0,71	0,70	0,20
CPFL	0,51	0,34	0,33	0,20
Celpa	0,40	0,33	0,30	0,30
Eletropaulo	0,90	0,57	0,54	0,30
Cemig	0,58	0,63	0,44	0,32
Enersul	0,35	0,40	0,33	0,33
Cemat	0,31	0,30	0,24	0,35
Cosern	0,46	0,43	0,41	0,36
CEEE	0,41	0,44	0,38	0,38
Celg	0,42	0,52	0,56	0,41
Copel	0,62	0,46	0,45	0,46
Coelce	0,47	0,59	0,55	0,49
Coelba	0,58	0,67	0,63	0,50
Bandeirante	0,03	0,13	0,08	0,51
Escelsa	0,66	0,69	0,65	0,65
Light	0,66	0,60	0,71	0,70
AES-SUL	0,63	0,87	0,88	0,87

TABELA A8

Empresas	Liquidez geral			
	2001	2002	2003	09/2004
Cosern	1,19	0,91	1,25	1,26
Celpe	1,02	0,74	1,12	1,12
Coelba	0,77	0,73	0,92	0,95
Bandeirante	0,70	0,89	0,91	0,95
Copel	0,63	0,71	0,80	0,88
Enersul	0,61	0,71	0,77	0,86
Cemig	0,83	0,65	0,74	0,81
Celpa	0,67	0,67	0,78	0,80
Celesc	0,87	0,65	0,73	0,77
Cerj	0,43	0,59	0,58	0,77
Cemat	0,54	0,57	0,60	0,74
Coelce	0,56	0,75	0,76	0,73
Piratininga	0,58	0,72	0,72	0,72
Eletropaulo	0,63	0,64	0,67	0,68
CPFL	0,47	0,62	0,65	0,68
Celg	0,51	0,44	0,60	0,65
CEB	0,73	0,59	0,67	0,62
Escelsa	0,56	0,56	0,57	0,59
CFLCL	0,46	0,49	0,53	0,52
Light	0,45	0,61	0,50	0,52
RGE	0,37	0,45	0,48	0,51
Elektro	0,39	0,31	0,40	0,45
Caiuá D	0,49	0,44	0,43	0,45
CEEE	0,44	0,43	0,43	0,42
AES-SUL	0,51	0,28	0,32	0,33

TABELA A9

Empresas	Liquidez corrente			
	2001	2002	2003	09/2004
Celesc	0,69	1,09	1,30	1,53
Celpe	0,50	1,14	0,61	1,29
Ceb	0,86	0,60	1,30	1,15
Coelce	0,49	1,08	1,09	1,09
Bandeirante	0,64	0,90	0,70	1,06
Coelba	0,75	0,78	0,49	1,05
Enersul	0,56	0,83	1,11	1,05
Eletropaulo	0,56	0,51	0,46	1,01
Cerj	0,34	0,94	0,74	0,99
Escelsa	1,17	1,24	1,03	0,97
CPFL	0,61	0,86	0,88	0,96
Cosern	0,85	0,74	0,57	0,96
Piratininga	0,38	0,90	0,81	0,94
Copel	1,03	1,30	1,10	0,89
Elektro	1,04	1,45	1,22	0,88
Cemig	0,95	0,61	0,73	0,86
Celg	0,90	0,69	0,97	0,81
Celpa	0,78	0,78	0,86	0,74
Caiuá D	0,57	0,50	0,65	0,66
CFLCL	0,52	0,60	0,80	0,64
RGE	0,64	0,58	0,58	0,63
Cemat	0,61	0,72	0,73	0,60
CEEE	1,10	0,73	0,59	0,59
AES-SUL	0,89	0,35	0,30	0,44
Light	0,57	1,02	0,42	0,42

TABELA A10

Empresas	Margem bruta			
	2001	2002	2003	09/2004
Cemig	1,00	1,00	1,00	1,00
CEB	1,00	1,00	1,00	1,00
Cerj	0,55	0,51	0,42	0,45
Cosern	1,00	0,31	0,31	0,43
Caiuá D	0,21	0,25	0,37	0,39
CEEE	0,35	0,32	0,31	0,38
Coelba	0,26	0,33	0,37	0,38
Celpa	0,16	0,25	0,37	0,37
Cemat	0,21	0,31	0,29	0,32
Enersul	0,26	0,06	0,17	0,30
Elektro	0,17	0,10	0,14	0,28
Celg	0,18	0,13	0,33	0,27
AES-SUL	0,43	0,24	0,18	0,25
Escelsa	0,18	0,09	0,14	0,25
RGE	0,29	0,27	0,29	0,24
Celpe	1,00	0,24	0,31	0,23
CFLCL	0,15	0,20	0,23	0,23
Bandeirante	0,09	0,16	0,16	0,21
Coelce	1,00	1,00	0,32	0,20
CPFL	0,12	0,27	0,23	0,18
Copel	0,31	0,12	0,03	0,18
Piratinga	0,26	0,15	0,18	0,15
Light	0,16	0,05	0,11	0,15
Eletropaulo	0,22	0,10	0,12	0,14
Celesc	0,08	-0,11	0,16	0,10

TABELA A11

Empresas	Margem Operacional			
	2001	2002	2003	09/2004
Cosern	0,21	0,11	0,14	0,31
Cemig	0,16	-0,02	0,28	0,22
Coelba	0,09	0,05	0,08	0,20
Copel	0,29	-0,13	0,09	0,17
Enersul	0,16	-0,10	0,11	0,16
Celesc	0,05	-0,22	0,10	0,10
Elektro	0,04	-0,52	0,22	0,09
Bandeirante	0,04	0,01	0,06	0,08
Escelsa	0,01	-0,44	0,23	0,08
Eletropaulo	0,13	-0,14	0,13	0,07
RGE	-0,02	-0,10	-0,02	0,07
Piratinga	0,32	-0,05	0,10	0,07
Celpa	0,04	-0,06	0,11	0,06
Celpe	0,13	0,03	0,05	0,05
CFLCL	-0,01	-0,10	0,04	0,04
Coelce	0,09	0,07	0,06	0,04
CPFL	0,02	-0,09	0,01	0,03
Cerj	-0,05	-0,25	-0,10	0,03
Celg	-0,12	-0,49	0,27	0,02
Light	-0,16	-0,25	-0,11	0,01
Cemat	0,03	-0,15	-0,04	-0,03
Caiuá D	0,01	-0,26	-0,07	-0,05
CEB	0,10	-0,28	0,01	-0,09
AES-SUL	0,06	-0,95	0,26	-0,12
CEEE	-0,08	-0,14	-0,09	-0,15

APÊNDICE B

O algoritmo FCM ponderado utiliza como critério de *clustering* a minimização de uma função objetiva, $J_m(U, v)$. O algoritmo divide um conjunto de dados multidimensional em um número específico de *clusters*, dando um grau de pertinência para cada observação em cada *cluster* e a ponderação de cada atributo. A função objetiva a minimizar é

$$J_m(U, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m (d_{ik})^2 \quad (3)$$

onde c é o número de *clusters*, n é o número de observações, $U \in M_{fc}$ é uma partição FCM do conjunto de dados X , $u_{ik} \in [0, 1]$ é o grau de pertinência da observação x_k no *cluster* i ,

$$d_{ik} = \left[\sum_{j=1}^p \alpha_j^t (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

é a distância euclidiana ponderada entre o centro do *cluster* v_i e a observação x_k para p atributos (índices financeiros no nosso caso), α_j é a ponderação do atributo j , $m \in [1, \infty)$ é o expoente do grau de pertinência, $t \in [1, \infty)$ é o expoente das ponderações, e as seguintes restrições têm de ser satisfeitas

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^p \alpha_j = 1 \quad (6)$$

Se m , t e c são parâmetros fixos, então, pelos multiplicadores de Lagrange, $J_m(U, v)$ pode ser globalmente mínimo para (U, v) se e só se:

$$\forall_{\substack{1 \leq i \leq c \\ 1 \leq k \leq n}} u_{ik} = 1 / \left[\sum_{r=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{rk}} \right)^{2/(m-1)} \right] \quad (7)$$

$$\forall_{\substack{1 \leq i \leq c \\ 1 \leq j \leq p}} v_{ij} = \left[\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_{kj} \right] / \left[\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \right] \quad (8)$$

e:

$$\alpha_j = \frac{1}{\sum_l^p \left(\frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik}^m (x_{kj} - v_{ij})^2}{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik}^m (x_{kl} - v_{il})^2} \right)^{1/(t-1)}} \quad (9)$$

Quando $m \rightarrow 1$, o algoritmo FCM ponderado converge ao HCM ponderado, e quando incrementamos seu valor, a partição torna-se mais *fuzzy*. Quando $m \rightarrow \infty$, então $u_{ik} \rightarrow 1/c$ e os centros tendem em direção ao centróide do conjunto de dados (os centros tendem a ser iguais). O expoente m controla a intensidade de compartilhamento no grau de pertinência entre os *clusters*.

Quando $t \rightarrow 1$, os α_j tendem a 1 ou 0, isto é, ou um atributo (índice) tem toda influência ou nenhuma. Quando $t \rightarrow 1$, então $\alpha_j \rightarrow 1/p$ e todos os atributos têm a mesma influência na estrutura do *cluster*. O expoente t define a intensidade da ênfase que é posta na ponderação de índices.

O algoritmo consiste das seguintes etapas:

- Etapa 1 — Fixa c , $2 \leq c \leq n$, m , $1 \leq m \leq \infty$, e $1 \leq t \leq \infty$. Inicia $U^{(0)} \in M_{fc}$. Então para a iteração s^{th} , $s = 0, 1, 2, \dots$:
- Etapa 2 — Calcula os centros dos c *clusters* $\{v_i^{(s)}\}$ com (8) e as ponderações dos atributos $\{\alpha_j^{(s)}\}$ com (9).
- Etapa 3 — Calcula $U^{(s+1)}$ usando (7), $\{v_i^{(s)}\}$ e $\{\alpha_j^{(s)}\}$.
- Etapa 4 — Compara $U^{(s+1)}$ com $U^{(s)}$: se $\|U^{(s+1)} - U^{(s)}\| \leq \varepsilon$ pára; se não volta à etapa 2.

Como cada iteração baseia-se na minimização da função objetivo, quando a quantidade mínima de melhora entre duas iterações é menor que ε , ou seja, atingido o número máximo de iterações s o processo pára.

Não existe base teórica para uma escolha ótima dos valores de m e t ; portanto, escolhemos os valores dos expoentes que dão o maior número de empresas em dificuldades financeiras dentro do mesmo *cluster*, entre todas as combinações de m e t no intervalo $[0, 3]$ com incrementos de 0,01. Assim, encontramos os valores $m = 1,65$ e $t = 2,89$ no nosso estudo, onde, em todos os anos, todas as empresas em crise estavam no mesmo *cluster*.

BIBLIOGRAFIA

- ALTMAN, E. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, v. 23, n. 4, p. 589-609, 1968.
- ALTMAN, E., BAIDYA, T., RIVERO DIAS, L. M. Assessing potential financial problems for firms in Brazil. *Journal of International Business Studies*, p. 9-24, 1979.
- ANEEL. *Relatório de participação dos agentes econômicos no mercado de energia elétrica*. 3º trim. 2004.
- BEZDEK, J. C. *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. New York: Plenum Press, 1981.
- BREALEY, R., MYERS, S. *Principles of corporate finance*. McGraw-Hill, 2001.
- COUTINHO, P. C., OLIVEIRA, A. R. *Determinação da taxa de retorno adequada para concessionárias de distribuição de energia elétrica no Brasil*. Fundação Universitária de Brasília (FUBRA), 2003.
- DAMODARAN, A. *Investment valuation. Tools and techniques for determining the value of any assets*. Wiley, 2002.
- ELIZABETSKY, R. *Um modelo matemático para a decisão no banco comercial*. Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção/Escola Politécnica (USP/Polí), 1976 (Trabalho de Formatura).
- KANITZ, S. C. Como prever falências de empresas. *Revista Exame*, p. 95-102, 1974.
- KELLER, A., KLAWONN, F. Fuzzy clustering with weighting of data variables. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge — Based Systems*, v. 8, n. 6, p. 735-746, 2000.
- MATIAS, A. B. *Indicadores contábeis e financeiros de previsão de insolvência: a experiência da pequena e média empresa*. Universidade de São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (USP/FEA), 1976 (Tese de Livre Docência).
- MOODY'S. *Latin America Ratings List*, Jan. 2005
- PEREIRA DA SILVA, J. *Gestão e análise de risco de crédito*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- PEREIRO, L. The valuation of closely-held companies in Latin America. *Emerging Markets Review*, v. 2, p. 330-370.
- STANDARD & POOR'S. *Latin America Issuer Ratings List*, Jan. 2005.



EDITORIAL

Coordenação

Silvania de Araujo Carvalho

Supervisão

Helena Rodarte Costa Valente

Revisão

André Pinheiro

Elisabete de Carvalho Soares

Lucia Duarte Moreira

Marcio Alves de Albuquerque

Míriam Nunes da Fonseca

Alejandro Augusto S. V. A. Poinho (estagiário)

Editoração

Carlos Henrique Santos Vianna

Joanna Silvestre Friques de Sousa

Roberto das Chagas Campos

Camila Guimarães Simas (estagiária)

COMITÊ EDITORIAL

Secretário-Executivo

Marco Aurélio Dias Pires

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES,

9º andar – 70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 315-5336

Fax: (61) 315-5314

Correio eletrônico: madp@ipea.gov.br

Brasília

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES,

9º andar – 70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 315-5336

Fax: (61) 315-5314

Correio eletrônico: editbsb@ipea.gov.br

Rio de Janeiro

Av. Presidente Antônio Carlos, 51, 14º andar

20020-010 – Rio de Janeiro – RJ

Fone: (21) 3804-8118

Fax: (21) 2220-5533

Correio eletrônico: editrj@ipea.gov.br

Tiragem: 142 exemplares