

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE CIDADES PRODUTORAS DE PETRÓLEO E GÁS ATRAVÉS DA DEA – NÃO ARQUIMEDIANA

Aníbal Alberto Vilcapoma Ignacio

UFF/PURO

Rua Recife, s/n – Jardim Bela Vista – Rio das Ostras-RJ

avilcap@vm.uff.br

Léa Maria Dantas Sampaio

COPPE/UFRJ

Centro de Tecnologia – Cidade Universitária – I. do Fundão RJ/RJ - Brasil

lea@pep.ufrj.br

Resumo

Este artigo propõe uma metodologia de análise da eficiência na aplicação dos royalties recebidos pelas principais cidades produtoras de Petróleo e Gás com maior arrecadação no ano de 2007, através da DEA. Utilizou-se uma abordagem não arquimediana da ferramenta, conhecida como DEA-Não arquimediana, que evita a ocorrência de unidades tomadoras de decisão pseudoeficientes. Esta metodologia pode servir como uma fonte de controle e monitoramento na aplicação destes recursos, devido a sua capacidade de agregar fatores e variáveis de naturezas distintas. São mostrados resultados computacionais e uma discussão sobre o problema em tela.

Palavras-Chaves: Petróleo e Gás, DEA-Não Arquimediano, Desenvolvimento de cidades.

Abstract

This article proposes a methodology for analysis of efficiency in the application of royalties received by the main cities with the largest collection in the year 2007, by DEA. We used a non-Archimedean approach of a tool known as DEA-no Archimedean, avoiding pseudo efficient decision making units. This methodology can serve as a source of controlling and monitoring the application of these resources due to its ability to aggregate factors and variables of different natures. Computational results and discussion of the problem in question are presented.

Keywords: Oil & Gas, Non-Archimedean DEA, Cities developments.

1. INTRODUÇÃO

Ainda no século 21, a importância do petróleo e de seus derivados se traduz na grande dependência destes, por parte da economia mundial. No caso do Brasil, as principais cidades produtoras dos mesmos recebem uma compensação na forma de *royalties*, mais do que justa, pelos diversos problemas oriundos do grande impacto populacional, causado pela criação de milhares de empregos, ligados à extração e industrialização destas riquezas, além de fortes impactos ambientais e sociais. Este fato provoca certa tendência de estas cidades dependerem destes *royalties* para crescerem e manterem certo padrão de desenvolvimento.

Ao longo dos anos, tal dependência se torna preocupante, na medida em que a máquina administrativa de cada município produtor se vê refém de tais recursos para funcionar. Quando, em contexto futuro, o ciclo de produção se esgotar, a situação ficará insustentável ou duvidosa. Diante de tal premissa, o presente artigo apresenta uma metodologia que analisa a eficiência da aplicabilidade destes recursos compensatórios, considerando diferentes tipos de fatores, tais como: dados econômico-financeiros municipais, indicadores estatísticos sobre saúde, educação e serviços públicos em geral, a fim de consolidá-los em uma análise multifatorial, cujo resultado pode conduzir ações mais eficientes para a aplicação destes *royalties* e os indicativos de como direcionar questões relevantes para que estas ações de melhoria se concretizem.

No presente trabalho usa-se a Análise Envoltória de Dados, mais conhecida como DEA. Esse é um método que busca medir a eficiência relativa de um conjunto de unidades de tomada de decisão chamadas de DMU (*Decision Making Unit*). Uma DMU é uma unidade produtiva que gera produtos utilizando insumos.

2. OS ROYALTIES NA VIDA DOS MUNICÍPIOS RECEBEDORES

Para os municípios brasileiros produtores de petróleo não há mecanismos efetivos de controle da aplicação dos royalties. A sociedade muitas das vezes não sabe onde são aplicados os recursos. Por outro lado, muitos municípios não têm projetos claros a sustentar como prioridades (ARAÚJO, 2001).

Barbosa (2001) relata que a falta de transparência de muitos governos, além de criar ambiente favorável a práticas de corrupção, constitui forte argumento a favor da redistribuição dos recursos, em detrimento dos futuros orçamentos dos municípios.

O atual nível de comprometimento dos orçamentos municipais com despesas de custeio e de pessoal indica que possivelmente não haverá recursos sequer para manter a máquina pública em caso de interrupção nas receitas do petróleo por muitos dos municípios recebedores. Isto independentemente do tipo de aplicação que se faça dos recursos, já que o retorno nunca será comparável à magnitude dos atuais repasses. Trata-se de uma questão complexa: embora os royalties não possam ser aplicados diretamente em pagamento de pessoal, os recursos podem ser investidos na expansão e melhoria da infra-estrutura pública, o que acaba elevando os gastos com custeio em geral e pessoal em particular.

De fato, a legislação não obriga os gestores públicos a aplicarem os *royalties* em obras de infra-estrutura urbana. Porém, há um amplo leque de possibilidades de aplicação e, portanto, grande margem para a participação da sociedade na definição de prioridades, sobretudo em áreas como saúde, meio ambiente, saneamento e outras áreas cruciais para os municípios envolvidos.

Notadamente, os problemas que surgem para o Poder Público Municipal tem se agigantado em volume e em complexidade nos últimos anos, o que recomenda a elaboração de um planejamento amplo e calçado na participação da sociedade. Segundo Cardoso e Santos (2002), tecnicamente é necessário mobilizar o conhecimento de especialistas de diferentes áreas, pois questões aparentemente relacionadas a uma área provocam impactos em várias outras.

3. ANÁLISE DOS DADOS ECONÔMICOS DOS MUNICÍPIOS EM ESTUDO

A política de investimentos e os preços dos derivados, ambos constituem ferramentas utilizadas pelo governo brasileiro para promover o desenvolvimento nacional, dotando o setor do petróleo e gás brasileiro de um considerável potencial de alavancagem econômico-financeira (ARAÚJO, 2001).

A Tabela 1 apresenta os valores acumulados (em Real) de *royalties* recebidos por estado brasileiro, no ano de 2007, e o percentual dessa arrecadação para cada unidade da federação (UF).

Tabela 1 - Valores de royalties acumulados por UF em 2007

UF	Nº de municípios recebendo royalties	Acumulado dos royalties recebido em 2007 (R\$)	Percentual	Percentual Acumulado
RIO DE JANEIRO	87	1.735.204.621	68,30%	68,30%
ESPIRITO SANTO	78	146.530.182	6,00%	74,30%
RIO GR. DO NORTE	91	123.912.646	4,80%	79,10%
BAHIA	265	106.774.843	4,20%	83,30%
SÃO PAULO	75	101.875.879	4,00%	87,30%
SERGIPE	68	99.487.591	3,90%	91,20%
AMAZONAS	19	50.058.114	2,00%	93,20%
PERNAMBUCO	12	45.747.845	1,80%	95,00%
CEARÁ	83	34.274.546	1,30%	96,30%
RIO GR. DO SUL	5	29.688.177	1,15%	97,45%
ALAGOAS	52	28.084.425	1,10%	98,55%
SANTA CATARINA	6	23.790.756	0,80%	99,35%
MINAS GERAIS	1	6.136.988	0,20%	99,55%
PARAÍBA	3	4.202.428	0,20%	99,75%
PARANÁ	37	4.744.131	0,20%	99,95%
PARÁ	17	1.262.739	0,00%	100,00%
AMAPÁ	3	222.836	0,00%	100,00%
TOTAL	902	2.541.998.747	100,00%	

Nota-se que em nenhum estado a arrecadação de *royalties* é tão significativa em termos percentuais, como no estado do Rio de Janeiro, devido à chamada ‘Bacia de Campos’. Pode-se observar também que, se somando a porcentagem dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Bahia obtêm aproximadamente 83% do total de *royalties*, ou seja, existia uma grande concentração de arrecadação nesses quatro primeiros estados em detrimento dos demais que somados representam os 27% restantes.

Como apresenta a Figura 1, na delimitação do espaço geográfico para estudo, foram escolhidos os vinte e cinco primeiros municípios brasileiros em arrecadação, que fazem parte da zona principal de produção brasileira. Conforme demonstra a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2008) tais municípios são os maiores beneficiários dos repasses das participações governamentais (*royalties* e participações especiais).

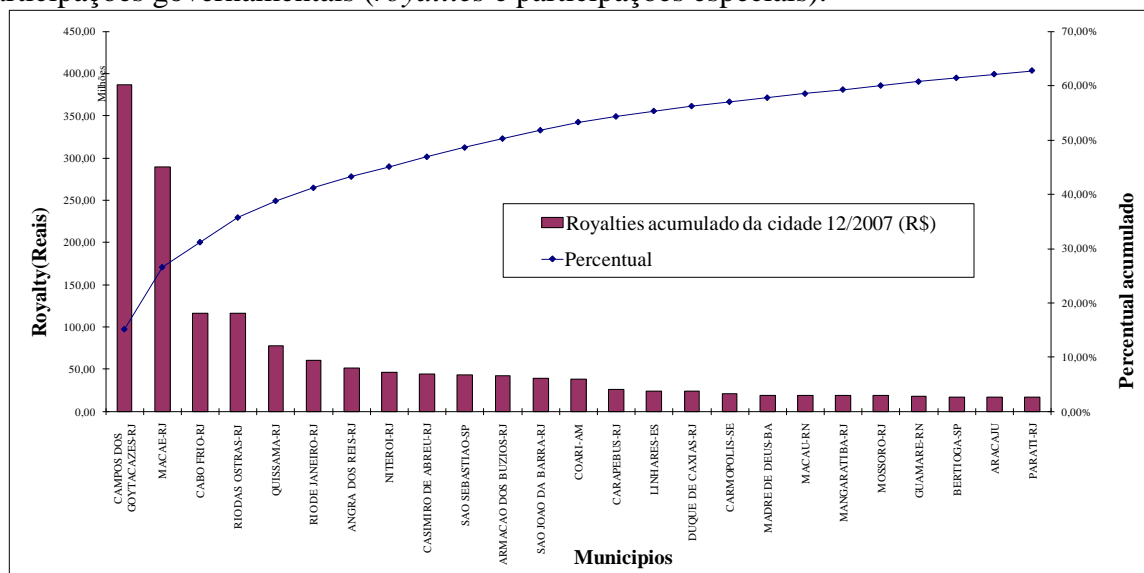


Figura 1 - Royalties acumulados pelos municípios beneficiados

O estado do Rio de Janeiro, representado pela Bacia de Campos, respondeu por 81,6% da produção nacional em 2007. Para o gás natural, os campos marítimos foram responsáveis por 53,1% do total produzido no mesmo ano, sendo o estado o maior produtor, concentrando cerca de 92% da produção marítima deste recurso (ANP, 2008).

Conforme demonstrado na Figura 1, destaca-se os municípios de Campos dos Goytacazes (RJ) e Macaé (RJ) como os maiores arrecadadores de *royalties* e também os dois primeiros em arrecadação de todo Brasil. Juntos esses dois municípios arrecadam aproximadamente 34% dos 62,8% do total dos 25 municípios estudados. Ficando, assim, para o estado do Rio de Janeiro a maior fatia destes benefícios, o que o torna responsável por uma boa aplicação destes lucros, principalmente para que sirva de bom exemplo aos demais estados.

Para que se possa ter idéia de quanto, em valor, os *royalties* poderiam ser investidos em cada individuo dos 25 municípios, criou-se o gráfico da Figura 2 de *royalties* per capita. Observa-se a proporção dos *royalties* por habitante como um fator que mede a importância destes benefícios para cada município em análise. O potencial per capita dos benefícios que podem ser alocados a cada cidadão se mostra maior para os municípios de Quissamã, Carapebus, Carmópolis e Macaé, em ordem decrescente como demonstra a Figura 1. O fato de Quissamã obter a maior taxa pode ser explicado pela sua vultosa arrecadação e baixa taxa de habitantes, se comparada aos demais municípios. O indicador torna-se insignificante, quando existe uma população maior como no caso da cidade do Rio de Janeiro, que se encontra bem afastada em relação aos municípios supracitados.

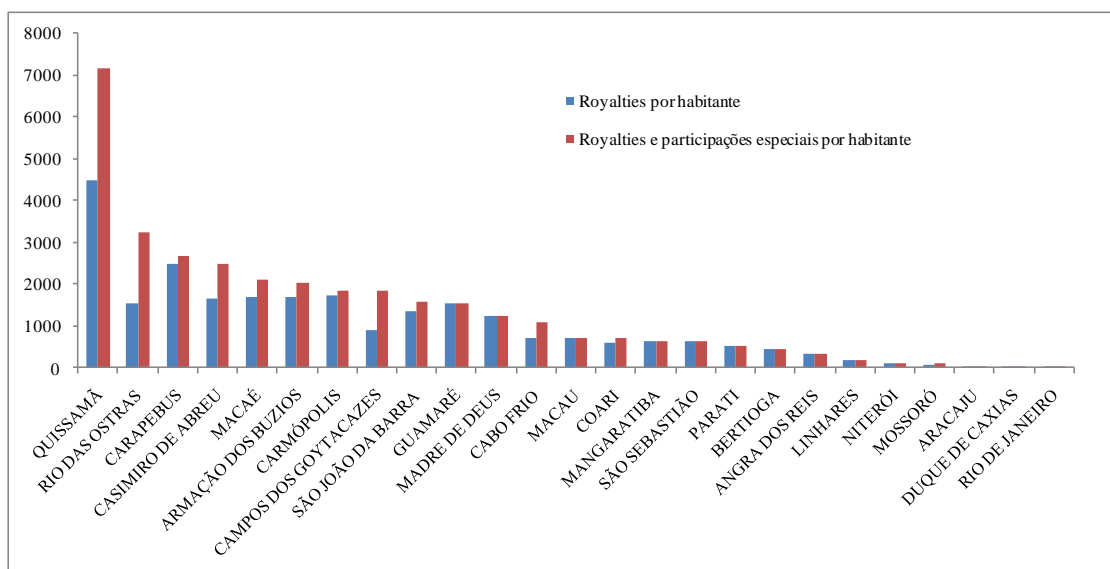


Figura 2 - Relação do número de Royalties Per Capita (IBGE, 2008)

Dentre os indicadores escolhidos para a presente análise, destaca-se os índices: Desenvolvimento Humano (IDH) e o de GINI, este último que mede o grau de desigualdades, segundo a renda familiar per capita (ver Tabela 2).

Tanto o IDH quanto o GINI podem variar de 0 a 1. No caso do IDH, quanto mais próximo a 1, mais desenvolvida será a região em questão, enquanto que o GINI, ao contrário, quanto mais próximo de 0, menores serão as desigualdades de rendimento, na região em estudo.

Tanto o IDH quanto o GINI dos 25 municípios são usados como *outputs* na avaliação da eficiência na aplicação dos *royalties* pelos municípios analisados.

Tabela 2 – Índices de GINI e IDH em 2007

	Municípios	Estados	População	Gini	IDH
1	CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	426154	0,575	0,752
2	MACAÉ	RJ	169513	0,562	0,790
3	CABO FRIO	RJ	162229	0,604	0,792
4	RIO DAS OSTRAS	RJ	74750	0,581	0,775
5	QUISSAMÃ	RJ	17376	0,523	0,732
6	RIO DE JANEIRO	RJ	6093472	0,616	0,842
7	ANGRA DOS REIS	RJ	148476	0,553	0,772
8	NITERÓI	RJ	474002	0,587	0,886
9	CASIMIRO DE ABREU	RJ	27086	0,519	0,781
10	SÃO SEBASTIÃO	SP	67348	0,558	0,798
11	ARMAÇÃO DOS BUZIOS	RJ	24560	0,588	0,791
12	COARI	AM	65222	0,581	0,627
13	SÃO JOÃO DA BARRA	RJ	28889	0,520	0,723
14	CARAPEBUS	RJ	10677	0,455	0,740
15	LINHARES	ES	124564	0,613	0,757
16	DUQUE DE CAXIAS	RJ	842686	0,528	0,753
17	CARMÓPOLIS	SE	11911	0,570	0,676
18	MADRE DE DEUS	BA	15432	0,564	0,740
19	MACAU	RN	27132	0,492	0,690
20	MANGARATIBA	RJ	29253	0,565	0,790
21	MOSSORÓ	RN	234390	0,587	0,735
22	GUAMARÉ	RN	11737	0,510	0,646
23	BERTIOGA	SP	39091	0,526	0,792
24	ARACAJU	SE	520303	0,643	0,794
25	PARATI	RJ	32838	0,513	0,777

O produto interno bruto (PIB) é considerado uma medida do grau de riqueza de uma região, sendo obtido a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografias e Estatística – IBGE. Este indicador também é usado na presente análise e aqueles referentes à amostra em estudo é mostrado na Tabela 3

Tabela 3 – PIB setorial em 2007

	Municípios	UF	Agropecuária	Indústria	Serviço	Impostos	PIB
1	CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	86.218	19.243.035	3.490.829	294.660	23.114.742
2	MACAÉ	RJ	27.145	3.529.053	2.271.296	646.607	6.474.101
3	CABO FRIO	RJ	18.328	5.104.496	1.253.210	85.994	6.462.028
4	RIO DAS OSTRAS	RJ	4.804	5.348.456	468.867	38.940	5.861.067
5	QUISSAMÃ	RJ	21.944	2.201.576	134.524	5.427	2.363.471
6	RIO DE JANEIRO	RJ	50.794	14.148.768	83.838.910	29.917.603	127.956.075
7	ANGRA DOS REIS	RJ	16.285	1.241.288	1.222.305	1.015.471	3.495.349
8	NITERÓI	RJ	13.527	952.265	5.654.351	840.174	7.460.317
9	CASIMIRO DE ABREU	RJ	5.131	1.222.855	200.246	21.335	1.449.567
10	SÃO SEBASTIÃO	SP	9.767	166.532	2.410.753	1.548.064	4.135.116
11	ARMAÇÃO DOS BUZIOS	RJ	2.393	900.278	259.136	20.896	1.182.703
12	COARI	AM	22.075	914.675	276.404	22.225	1.235.379
13	SÃO JOÃO DA BARRA	RJ	14.337	692.418	190.659	17.522	914.936
14	CARAPEBUS	RJ	8.999	330.203	71.168	2.464	412.834
15	LINHARES	ES	206.577	593.997	698.240	207.933	1.706.747
16	DUQUE DE CAXIAS	RJ	6.446	8.187.978	11.695.977	2.674.881	22.565.282
17	CARMÓPOLIS	SE	1.745	237.193	40.349	8.883	288.170
18	MADRE DE DEUS	BA	1.363	31.756	83.956	15.820	132.895
19	MACAU	RN	9.697	247.426	105.592	12.968	375.683
20	MANGARATIBA	RJ	8.555	39.065	260.862	33.425	341.907
21	MOSSORÓ	RN	98.021	746.919	1.071.001	211.136	2.127.077
22	GUAMARÉ	RN	3.043	164.205	241.021	80.654	488.923
23	BERTIOGA	SP	3.988	56.636	347.617	37.298	445.539
24	ARACAJU	SE	5.555	911.420	3.411.349	701.430	5.029.754
25	PARATI	RJ	17.921	22.228	215.130	13.380	268.659

Nota-se que a maioria das cidades em tela é mais contemplada pelas atividades do setor industrial. Destacam-se as cidades de Rio das Ostras (RJ) e Quissamã (RJ), que concentram cerca de 90% de seu PIB, proveniente deste setor. Já Linhares (ES) apresenta um

PIB bem distribuído pelos tres setores da economia, com uma maior porcentagem proveniente do setor de serviços (43,9%), porém tendo os demais setores mais atuantes, quando em comparação com os dos outros municípios analisados. Observa-se tal setor apresentando maior proporção do PIB, em Parati (RJ) e Bertiooga (SP).

Em se tratando de Macaé, grande parte de sua economia é calçada na indústria (51%), tendo o setor agropecuário pouca representatividade. É certo que o estado do Rio de Janeiro não possui na agropecuária sua grande vocação, porém um maior investimento em tal setor geraria um crescimento e melhoria na distribuição do PIB municipal, o que poderia diminuir a dependência em relação a um único ramo, gerando diversificação e um crescimento econômico mais sólido ao município. Duque de Caxias, Rio de Janeiro e Rio das Ostras (RJ) são os municípios com as menores participações do PIB no setor agropecuário, enquanto que Linhares (ES) está praticamente sozinho em relação à participação em tal setor.

As finanças públicas referentes a cada município também foram levantadas, no estudo, e cabe ressaltar que houve dificuldades neste levantamento, pois alguns municípios, como Campos dos Goytacazes, tiveram suas contas rejeitadas pelo Tribunal de Contas, problema que se estende até os dias atuais.

Tomando-se então os municípios que declararam suas contas no ano de 2007, e comparando a dependência em *royalties* com as receitas de tais recursos, mais as participações especiais com receitas, obtém-se o gráfico da Figura 3 para análise.

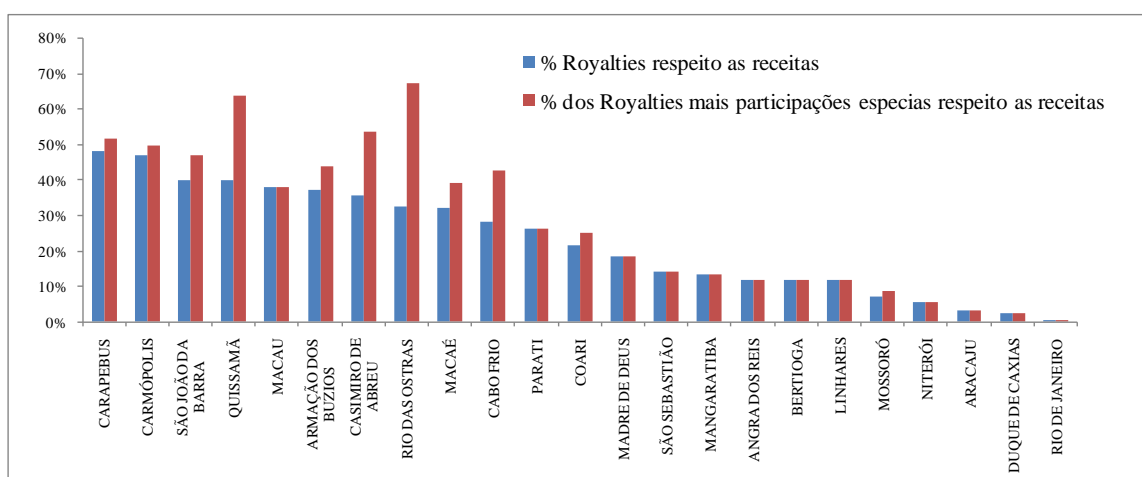


Figura 3 - Dependência em *royalties* e participações especiais (IBGE 2007)

De acordo com a Figura 3, cidades como Rio das Ostras e Casimiro de Abreu possuem, na forma de *royalties* e participações, mais da metade do peso de suas receitas. Em Macaé, o peso é um pouco menor (40%), mas torna-se preocupante, visto que um município ideal não deve ter, em uma taxa compensatória, um peso tão grande em relação ao montante de sua receita. Uma boa questão a se deixar em aberto é:

- Se, nos próximos anos, essa taxa diminuir ou acabar (pois petróleo é um recurso finito) como ficará a economia deste município?

O uso de todos estes indicadores permite não restringir a análise do desenvolvimento, somente no que diz respeito à dimensão econômica -financeira, mas também em mudanças na qualidade de vida da população.

Usualmente, o bem estar de uma população e, conseqüentemente, a avaliação de países e regiões é feita pela análise de seu produto interno bruto (PIB) per capita. Entretanto, para uma avaliação mais abrangente e justa do progresso humano e a evolução das condições de vida das pessoas deve-se buscar medidas socioeconômicas que incluam outras dimensões fundamentais da vida e da condição humana.

O potencial econômico dos municípios petrolíferos não se restringe apenas à exploração de petróleo e gás, nem tampouco às arrecadações das participações

governamentais. O crescimento da indústria petrolífera e para-petrolífera gera um efeito multiplicador, devido à inclusão de outros setores da economia e pela criação de oportunidades de negócios para um vasto mercado de fornecedores de equipamentos, suprimentos e serviços. Tal fato leva a um aquecimento da economia regional, traduzido em aumento nas rendas municipais e nos benefícios diversos à sociedade.

4. BREVE DISCUSSÃO SOBRE LIMITAÇÕES DOS MODELOS DEA

De acordo com o trabalho de Lins *et al.* (2007), uma das mais importantes inovações introduzidas pela DEA, desenvolvida por Charnes *et al.* (1978), foi a habilidade de contornar a rigidez de um índice de eficiência, no qual unidades decisoras (DMU) em análise são atribuídas a um conjunto de pesos sobre variáveis (*inputs* e *outputs*), que são constantes em todas as unidades e determinadas por uma decisor (DM).

4.1. POSSIBILIDADES DE INVIABILIDADE NOS MODELOS DEA

Uma das limitações mais severas dos modelos convencionais DEA é a excessiva flexibilidade de seus pesos, o que permite a busca da máxima eficiência da DMU, através da seleção de uma combinação de pesos que: ou é plausível porque ignora uma ou mais variáveis, ou é inaceitável, pois é incompatível com o julgamento de analistas a serviço do decisor (ver LINS *et al.*, 2007).

A necessidade de um equilíbrio entre a rigidez e a flexibilidade excessiva tem levado ao desenvolvimento de modelos DEA com restrições aos pesos. Estes modelos restringem os pesos em todas as DMU. A liberdade de escolha é restrita mas, não eliminada. Diversos métodos podem impor restrições, tais como os identificados e classificados por Allen *et al.* (1997) and Pedraja-Chaparro *et al.* (1997).

Uma primeira abordagem se refere à restrição dos multiplicadores que pode impor limites superior e inferior a estes e foi proposta por Dyson and Thanassoulis (1988) e generalizada por Roll *et al.*(1991). Tal método também pode limitar um raio de multiplicadores, tal como o método da região de segurança, desenvolvido por Thompson *et al.* (1990) e o método de cone ratio, desenvolvido por Charnes *et al.* (1989) e Charnes *et al.* (1990) e usado por Kornbluth (1991). A desvantagem desta abordagem, enfatizada no trabalho de Sarrico and Dyson (2004), é que as variáveis e seus multiplicadores associados podem ter unidades de medida e níveis de magnitude muito diferentes, o que complica a fixação de limites significativos que não provoquem inviabilidade no programa dos multiplicadores do modelo DEA.

A segunda abordagem consiste em restringir os *inputs* virtuais (ou *outputs* virtuais ou ambos), definidos como o produto de um multiplicador por uma variável correspondente. Este método foi desenvolvido por Wong and Beasley (1990), com o objetivo de impor limites superior e/ou inferior sobre quotas de *inputs* virtuais (ou *outputs*), do total dos *inputs* ou *outputs* virtuais do modelo; e por Pedraja-Chaparro *et al.* (1997) com o objetivo de impor limites sobre proporções (ratios) de *inputs* virtuais (ou *outputs* virtuais).

Uma vantagem desta abordagem é que as variáveis virtuais são independentes das unidades de medida e da ordem e magnitude das variáveis, facilitando a interação entre o decisor e o analista de DEA. A desvantagem é o grande número de restrições que devem ser impostas ao programa dos multiplicadores, o que aumenta a probabilidade de inviabilidade.

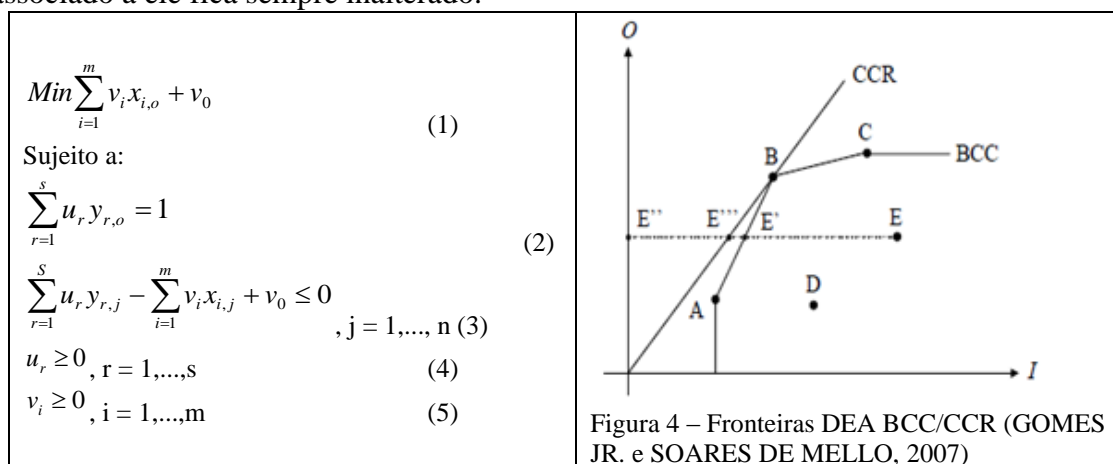
Deste modo, a inviabilidade é um problema potencial com as duas abordagens para a imposição de restrições aos pesos, embora por razões diferentes. De fato, a inviabilidade ocorre com frequência em ambas as abordagens e não é facilmente prevista pelo DM ou pelo analista DEA.

4.2. ‘PSEUDO-EFICIÊNCIA’ NOS MODELOS DEA

Como já discutido, a prática da aplicação de modelos DEA tem demonstrado que, em alguns casos, os modelos clássicos mostram certas distorções. Isto significa que, se um dos multiplicadores $v(i)$ ou $u(r)$, atribuídos a uma particular DMU “eficiente” for igual a zero,

então esta DMU na verdade é “pseudo-eficiente”, já que faz parte de uma das faces paralelas da fronteira, a um dos eixos das coordenadas (x ou y), nos modelos BCC (ver Figura 4).

Visualiza-se este fato quando, aumentando-se ou diminuindo-se o valor do input correspondente (ou o output correspondente) ao peso que vale zero, o output (ou input) associado a ele fica sempre inalterado.



Na função-objetivo (1) do modelo BCC_MO se quer minimizar os insumos ou *input* virtual mais a variável de escala v_0 . A restrição (2) fixa o produto ou *output* virtual em uma constante igual a um. A restrição (3) estabelece que a soma do produto ou *output* virtual mais a variável de escala v_0 deve ser menor ou igual ao insumo ou *input* virtual. O modelo dual, associado a este, é o ‘modelo do envelope’ BCC_EO, orientado a *output* ou produto.

No presente trabalho o modelo usado é uma extensão do modelo BCC básico, baseado no trabalho de Jahanshahloo & Khodabakhshi (2004), para se evitar a ocorrência de DMUs “pseudo-eficientes”, isto é, trata-se de um modelo BCC-Não Arquimediano (BCCNA) que restringe os multiplicadores a um elemento infinitesimal maior do que zero e, com isso, evitar também a ameaça de inviabilidade. Portanto, a modificação do modelo básico é a substituição das restrições (4) e (5) pelas (6) e (7), dadas abaixo:

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1 \dots s; \quad (6)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1 \dots m. \quad (7)$$

Entretanto, só esta modificação ainda não garante a confiabilidade do modelo escolhido, pois, a solução de qualquer modelo DEA que envolve elemento não-arquimediano requer a escolha de um adequado intervalo para o valor deste ε .

De acordo com Mehrabian *et al.* (2000), o papel do valor apropriado do ε -infinitesimal não-arquimediano nos modelos de DEA, é desempenhado quando os programas lineares associados a estes se mostram inviáveis, na forma dos multiplicadores, e ilimitados, na forma do envelope, para certos valores de ε . Neste trabalho, os autores mostram que o limite superior para o ε , proposto por Ali e Seiford (1993), a fim de garantir a viabilidade da forma de multiplicadores e a limitação na forma de envelope dos modelos CCR e BCC é inválido. Mehrabian *et al.* (2000) definem um intervalo de segurança por meio de um simples programa linear aplicado. Um valor de segurança do ε é determinado e aplicado no mesmo exemplo empírico usado por Ali e Seiford (1993).

Jahanshahloo e Khodabakhshi (2004) determinam um intervalo de segurança para o elemento ε , usando um modelo que melhora, tanto os outputs na sua forma dual, quanto viabiliza o seu modelo dos multiplicadores, mediante o teorema da dualidade. Também é exibido um exemplo ilustrativo, no qual o valor apropriado deste elemento satisfaz um intervalo de segurança $(0, \varepsilon^*)$, dado pela expressão:

$$\varepsilon^* \leq \{1/ \text{Max}_j [\sum_r y(r,j)]\}.$$

Os modelos de DEA escolhidos foram implementados na ferramenta de modelagem AIMMS (Advanced integrated multidimensional modeling software) que, segundo Ignacio e Ferreira Filho (2004), trata-se de um ambiente computacional de desenvolvimento abrangente

em modelagem de programação matemática, no qual podem ser criadas plenamente aplicações funcionais, prontas para serem usadas por pessoas mais leigas ou usuários finais.

5. APLICAÇÃO DO MODELO DEA-NÃO ARQUIMEDIANO

As cidades ou DMU são avaliadas em cada modelo DEA proposto na metodologia, partindo do princípio de que apresentam diferentes desempenhos, processando os mesmos tipos de insumos para darem origem ao mesmo tipo de produto.

Para se ter uma idéia das características sócio-econômicas das cidades que serviram como DMU, os dados sobre *royalties* per capita e PIB *per capita* são usados como *inputs* e o IDH, GINI, número total de matrículas (infantil, fundamental e médio), óbitos por doenças infecciosas, número de casos de AIDS são usados como os *outputs* do modelo. Assim as variáveis escolhidas para o modelo são:

1. *Inputs*/Insumos ou Recursos:

X1: Valor de *royalties* recebidos no ano de 2007 *per capita*;

X2: PIB *per capita*;

2. *Outputs*/Produtos ou Resultados:

Y1: IDH;

Y2: 1/GINI;

Y3: Percentual de matrículas (infantil+ fundamental+ médio);

Y4: 1/Óbitos por doenças infecciosas e parasitárias;

O modelo usado em Lopes *et al.* (2010), trabalho escolhido como referência comparativa ao presente estudo, foi o BCC orientado a *Output*, o qual busca maximizar o nível de resultados, mantendo o nível de recursos observado. Na presente análise o modelo de DEA utilizado é o mesmo com a diferença de que é um modelo não Arquimediano, como explicado na seção anterior.

6. RESULTADOS DO MODELO E DA ANÁLISE COMPARATIVA

Através dos resultados obtidos preliminarmente com o método clássico, usando-se o modelo DEA-BCC orientado a *outputs*, no trabalho de Lopes *et al.* (2010), pôde-se identificar boas práticas dentre os municípios, no que tange à aplicação dos recursos recebidos. Na Tabela 4 são mostrados os resultados obtidos através do modelo DEA não arquimediano,

Tabela 4 – Resultados de eficiência obtida pela DEA Não-Arquimediana

Municípios	Estados	Escore DEA Não Arquimediano	População	Agropecuária	Indústria	Serviço	Impostos	PIB	Participações especiais	Royalties
CARAPEBUS	RJ	1,000	10677	8999	330203	71168	2464	412834	1.913.369	26.534.540
MADRE DE DEUS	BA	1,000	15432	1363	31756	83956	15820	132895		19.401.898
PARATI	RJ	1,000	32838	17921	22228	215130	13380	268659		17.081.259
Total			58947	28283	384187	370254	31664	814388	1913369,26	63017697,02
BERTIOGA	SP	0,994	39091	3988	56636	347617	37298	445539		17.429.785
MANGARATIBA	RJ	0,983	29253	8555	39065	260862	33425	341907		18.989.213
MACAU	RN	0,982	27132	9697	247426	105592	12968	375683		19.064.039
GUAMARÉ	RN	0,979	11737	3043	164205	241021	80654	488923		18.142.094
CASIMIRO DE ABREU	RJ	0,929	27086	5131	1222855	200246	21335	1449567	22.190.110	44.920.729
SÃO JOÃO DA BARRA	RJ	0,919	28889	14337	692418	190659	17522	914936	6.951.066	38.997.695
CARMÓPOLIS	SE	0,898	11911	1745	237193	40349	8883	288170	1.301.236	20.643.772
DUQUE DE CAXIAS	RJ	0,892	842686	6446	8187978	11695977	2674881	22565282		23.990.977
SÃO SEBASTIÃO	SP	0,889	67348	9767	166532	2410753	1548064	4135116		43.024.987
NITERÓI	RJ	0,886	474002	13527	952265	5654351	840174	7460317		46.668.538
ANGRA DOS REIS	RJ	0,881	148476	16285	1241288	1222305	1015471	3495349		51.988.234
MOSSORÓ	RN	0,881	234390	98021	746919	1071001	211136	2127077	3.126.251	18.813.270
QUISSAMÁ	RJ	0,880	17376	21944	2201576	134524	5427	2363471	46.702.455	77.686.215
ARMAÇÃO DOS BUZIOS	RJ	0,874	24560	2393	900278	259136	20896	1182703	7.575.283	41.949.136
COARI	AM	0,874	65222	22075	914675	276404	22225	1235379	6.204.567	39.445.088
ARACAJU	SE	0,870	520303	5555	911420	3411349	701430	5029754		17.302.585
LINHARES	ES	0,861	124564	206577	593997	698240	207933	1706747		24.406.239
Total			2694026	449086	19476726	28220386	7459722	55605920	94050967,16	563462595
CABO FRIO	RJ	0,815	162229	18328	5104496	1253210	85994	6462028	59.474.961	116.805.656
RIO DAS OSTRAS	RJ	0,805	74750	4804	5348456	468867	38940	5861067	124.842.737	116.009.309
MACAÉ	RJ	0,792	169513	27145	3529053	2271296	646607	6474101	64.258.671	289.542.846
RIO DE JANEIRO	RJ	0,687	6093472	50794	14148768	83838910	29917603	127956075		60.364.009
CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	0,675	426154	86218	19243035	3490829	294660	23114742	393.286.228	386.812.956
Total			6926118	187289	47373808	91323112	30983804	169868013	641862596,1	969534775,6

Na presente análise foram obtidos resultados divididos em três classes de escores de eficiência. Apenas obteve-se tres municípios com 100% de eficiência (escores = 1), quais sejam: Carapebus (RJ), Madre de Deus (BA) e Parati (RJ), como pode ser visto na Tabela 4 e Figura 4, a seguir.

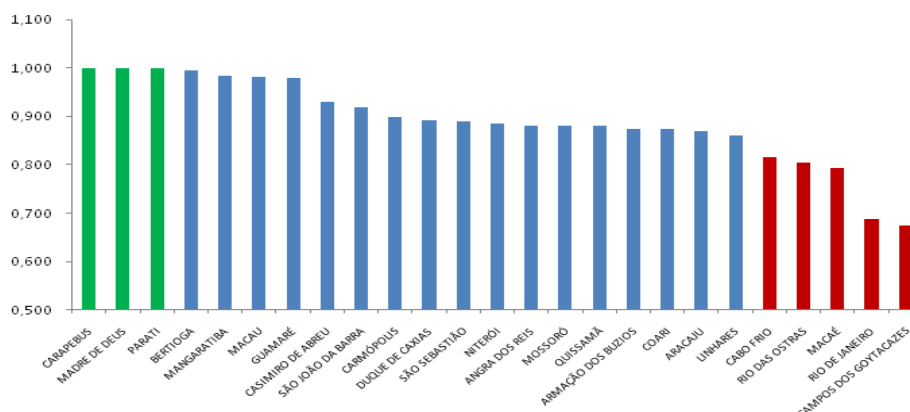


Figura 4 – Resultado dos escores de cada DMU

Os cinco últimos obtiveram os escores mais baixos de eficiência, abaixo de 86%, que são os municípios de Cabo Frio, Rio das Ostras, Macaé, Rio de Janeiro e Campos dos Goytacazes, todos no estado do Rio de Janeiro. Os demais municípios situam-se na classe intermediária de escore com eficiência entre 99,9% e 86%.

Na Tabela 5 é mostrada a distribuição dos *royalties* por classe de escore de eficiência.

Classe de Escore	Nº Município	População	PIB	Participações especiais	Royalties
1	3	0,6%	0,4%	0,3%	3,9%
[0,83 -1>	17	28%	25%	13%	35%
[0,0 - 0,83>	3	72%	75%	87%	61%

Observa-se que os municípios que recebem 61% dos *royalties* e 87% das participações especiais situam-se na faixa de escore com a mais baixa eficiência. Os 3 municípios com 100% de eficiência são os que recebem os menores percentuais de benefícios.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à aplicação da metodologia proposta, os resultados referentes às análises DEA se mostram satisfatórios em evitar a ocorrência de DMU pseudo-eficientes.

No presente trabalho é reafirmado que existem outros fatores que influenciam na gestão mais eficiente dos recursos dos *royalties*, por parte dos poderes locais. A descentralização contribui de forma bastante positiva, entretanto não é suficiente para produzir por si só uma aplicação mais igualitária do mesmo. Boa opção é permitir a participação popular, por meio de um conselho efetivo para as decisões de formulação e implementação do recurso, uma vez que os municípios mais eficientes em sua aplicação são os que recebem os menores percentuais, tanto dos *royalties* quanto das participações especiais. Faz-se necessário que existam instâncias de controle, constituídas legitimamente e que estas monitorem permanentemente a atuação do poder público local na alocação desta compensação.

Assim, é de suma importância avaliar as ações de aplicabilidade dos recursos dos *royalties*, visto que não existe um padrão para sua aplicação. Deve-se avaliar as necessidades de cada município, levando-se em consideração sua cultura e suas relações humanas, com a finalidade de se obter uma boa aplicabilidade dos recursos dos *royalties*.

8. REFERÊNCIAS

ALI, A. I. E SEIFORD, L. M., “Computational accuracy and infinitesimals in Data envelopment analysis”, Infor, vol. 31, n. 4, pp. 290-297, 1993.

ALLEN, R., ATHANASSOPOULOS, A., DYSON, R.G., THANASSOULIS, E., “Weights

- restrictions and value judgements in data envelopment analysis: Evolution, development and future directions”. *Annals of Operations Research* 73, 13–34, 1997.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E.** “Measuring the efficiency of decision-making units”. *European Journal of Operational Research* 2 (6), 429–444, 1978.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., WEI, Q.L., HUANG, Z.M.** “Cone ratio data envelopment analysis and multiobjective programming”. *International Journal of Systems Science*, 20 (7), pp.1099–1118, 1989.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., HUANG, Z.M., SUN, D.B.** “Polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banks”. *Journal of Econometrics* 46 (1–2), 73–91, 1990.
- DYSON, R.G., THANASSOULIS, E.** “Reducing weight flexibility in data envelopment analysis”. *Journal of the Operational Research Society* 39 (6), 563–576, 1988.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo.** www.anp.gov.br/royalties. Site acessado em 10/2008.
- ARAÚJO, J.** Indústria de Petróleo e Economia do Rio de Janeiro. Um Estado em questão: os 25 anos do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2001.
- BARBOSA, D.** Guia dos Royalties do Petróleo e Gás Natural. Rio de Janeiro, ANP, p. 156, 2001.
- CARDOSO, R.; SANTOS, L.** Perspectivas para o Controle Social e a Transparência da Administração Pública. In: TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Prêmio Serzedello Corrêa 2001: Monografias Vencedoras: Perspectivas para o Controle Social e a Transparência da Administração Pública. Instituto Serzedello Corrêa, Brasília: TCU, 2002.
- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K.** Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software, ed. Springer Science and Business media, LLC, New York, USA, 2007.
- GOMES JR., S.F., SOARES DE MELLO, J.C.C.B.** “Utilização de modelo DEA com restrições cone rattoo não arquimedeanas para avaliação dos pilotos no campeonato mundial de fórmula 1 do ano de 2006”. *Sistemas & Gestão* 2 (3) 217-231, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.** www.ibge.gov.br Site acessado em 09/2008.
- IGNACIO, A.A.V., FERREIRA FILHO, V.J.M.,** “O Uso de Software de Modelagem AIMMS na Solução de Problemas de Programação Matemática”. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, vol. 24, n. 1, pp. 197-210, 2004.
- JAHANSHALOO, G. R.; KHODABAKHSHI, M.,** “Determining assurance interval for non-Archimedean element in the improving outputs model in DEA”, *Applied Mathematics and Computation*, vol. 151, pp. 501–506, 2004.
- KORNBLUTH, J.S.H.** “Analysing policy effectiveness using cone restricted data envelopment analysis”. *Journal of the Operational Research Society* 42 (12), 1097–1104, 1991.
- PEDRAJA-CHAPARRO, R., SALINAS-JIMENEZ, J., SMITH, P.** “On the role of weight restrictions in data envelopment analysis”. *Journal of Productivity Analysis* 8 (2), 215–230, 1997.
- ROLL, Y., COOK, W., GOLANY, B.** “Controlling factor weights in data envelopment analysis”. *IIE Transactions*, 23 (1), 2–9, 1991.
- SARRICO, C.S., DYSON, R.G.** “Restricting virtual weights in data envelopment analysis”. *European Journal of Operational Research*, 159 (1), 17–34, 2004.

LINS, M.P.E., SILVA, A.C.M., LOVELL, C.A.K. “Avoiding infeasibility in DEA models with weight restrictions”. *European Journal of Operational Research* 181, pp.956–966 (2007).

LOPES, F. S.; IGNACIO, A. A. V.; SAMPAIO, L. M. D., CLARAMUNT, J. C. P., “Análise do Desenvolvimento de Cidades com Influência de Empresa Produtora de Petróleo e Gás: Um Estudo de Caso – Macaé”. *Anais do II Encontro Fluminense de Engenharia de Produção*, Rio das Ostras/RJ, 2010.

MEHRABIAN, S., JAHANSHAHLOO, G. R., ALIREZAEI, M. R., AMIN, G. R., “An assurance interval for the non-Archimedean epsilon in DEA models” *Operations Research*, 48, 2; *ABI/INFORM Global*, pg. 344, 2000.

WONG, Y.-H.B., BEASLEY, J.E. “Restricting weight flexibility in data envelopment analysis”. *Journal of the Operational Research Society* 41 (9), 829–835, 1990.