

A demonstração dos resultados obtidos nesse artigo mostra que nem todas as empresas se comportam da mesma forma ao longo do tempo. Certamente para fazer uma análise mais detalhada é necessário perceber quais são os produtos principais de cada empresa, os processos produtivos, a tecnologia utilizada e como esses produtos interferem na receita.

Luiz Octávio Gavião
Marcia Barreto
Gilson Brito Alves Lima
Lídia Angulo Meza
Daniel Oliver Guerrero Souza
Thaís Guimarães Vieira

Avaliação de eficiência a partir de indicadores de sustentabilidade

Efficiency analysis using sustainability indicators

<http://dx.doi.org/10.18316/rcd.v8i16.2952>

LUIZ OCTÁVIO GAVIÃO*
MARCIA BARRETO**
GILSON BRITO ALVES LIMA***
LÍDIA ANGULO MEZA****
DANIEL OLIVER GUERRERO SOUZA*****
THAÍS GUIMARÃES VIEIRA*****

Resumo

Este artigo tem como objetivo discutir o desempenho organizacional através da avaliação de medidas de eficiências de indicadores de sustentabilidade. Propõe, então, a comparar, por meio de estudo de caso, como empresas do setor de papel e celulose no Brasil se comportam em relação a temas relevantes para o seu negócio, aplicando o modelo DEA com *inputs* e *outputs* que retratem a sua preocupação (ou envolvimento) com as questões relacionadas a sustentabilidade. Escolheu-se o modelo DEA CCR orientado a *inputs*, com a finalidade de reduzir os insumos que alimentam o sistema sem alterar o *output*. Os *inputs* foram a quantidade de água utilizada no processo industrial e as emissões de CO₂. Para o *output* considerou-se a

* Doutorado em andamento em Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense/UFF, RJ; Mestrado em Estudos Militares na United States Marine Corps University; participa do grupo de pesquisa "Desenvolvimento Sustentável e a Gestão Sustentável Empresarial: uma contribuição da academia", na UFF, RJ; Email: luiz.gaviao67@gmail.com

** Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal Fluminense, RJ; Email: marcia.barreto@lasalle.org.br

*** Doutorado em Engenharia de Produção; Professor Associado da Universidade Federal Fluminense, RJ; Email: gbal.sms@gmail.com

**** Doutorado em Engenharia de Produção pela COPPE Universidade Federal do Rio de Janeiro; Professora associada, Coordenadora do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense e é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Email: lidia.angulo.meza@gmail.com

***** Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense; Técnico de estabilidade naval - Petróleo Brasileiro S.A. - Rio de Janeiro – Offshore; Email: daniel.petrobras@gmail.com

***** Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense; Analista de Sustentabilidade da Vale S/A; Email: thaisgv@yahoo.com.br

Receita Líquida das empresas. Os resultados demonstram não só qual das empresas é a mais eficiente, como também refletem o comportamento do setor no Brasil.

Palavras-chave: Indicadores. Sustentabilidade. Eficiência. Análise Envoltória de Dados.

Abstract

This paper aims to discuss the organizational performance through the assessment of the efficiency of sustainability indicators. It intends to compare, using a case study, how companies from paper and cellulose industry behave towards relevant themes to their business, applying a DEA model with inputs and outputs that represent their concern (or involvement) on sustainability. We chose the DEA CCR input-oriented, the goal was to reduce the inputs without changing the output. The inputs were the amount of water used in the industrial process and the CO₂ emissions. For the output we used the net revenue of the assessed companies. The results show not only which of the companies is the most efficient, but also reflect the industry's behavior in Brazil.

Keywords: Indicators. Sustainability. Efficiency. DEA.

1. Introdução

As questões ambientais, sociais e econômicas têm adquirido elevada relevância na gestão atual das organizações. Em tempos de globalização, de mudanças climáticas evidenciadas e da necessidade de se definir novos modelos de desenvolvimento, as empresas são naturalmente exigidas a assumir sua parcela de responsabilidade com a sociedade. Nesse sentido, muitas empresas têm buscado melhorar sua eficiência, com preocupação especial sobre essas questões relacionadas à sustentabilidade no processo produtivo.

O uso de indicadores de desempenho ambiental, social e econômico podem ser associados aos recursos produtivos, permitindo, assim, avaliar a eficiência sob o contexto da sustentabilidade. O reporte de indicadores de sustentabilidade tem sido uma prática cada vez mais frequente em empresas de setores específicos como o de papel e celulose no Brasil. Nesse setor, o modelo do *Global Reporting Initiative* (GRI) traz os resultados para diferentes indicadores, embora não compare as eficiências entre diferentes empresas. Tendo em vista a exploração de recursos naturais e os impactos de suas operações no meio ambiente e na sociedade, mensurar a eficiência das empresas deste setor torna-se relevante para a sociedade.

Uma das formas de medir essa eficiência é através da Análise Envoltória de Dados (DEA). O modelo DEA permite a identificação das empresas ineficientes, com os respectivos excessos em insumos ou possibilidades de ampliação de seus resultados, a partir da comparação com as demais

empresas consideradas eficientes em seus processos produtivos. O modelo foi proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), sendo desde então amplamente explorado na literatura para avaliações de eficiência.

O objetivo do presente artigo é analisar a eficiência de empresas do setor de papel e celulose a partir dos indicadores de sustentabilidade do GRI, com utilização do modelo DEA. O estudo considera as três maiores empresas brasileiras desse setor que, devido às características do processo produtivo, podem representar significativo impacto ambiental e social. A produção no setor de papel e celulose, sem a devida preocupação com a sustentabilidade, pode trazer consequências indesejáveis à sociedade, agravando mudanças climáticas com elevadas emissões de CO₂, a escassez de água, dentre outros problemas.

O artigo apresenta, na Seção 2, uma breve descrição dos indicadores de sustentabilidade, do modelo do *Global Reporting Initiative* (GRI), de onde foram extraídos os indicadores e da metodologia DEA. Em seguida, na Seção 3 a estrutura da pesquisa é apresentada. A Seção 4 traz o estudo de caso, a Seção 5 a modelagem do caso e, por fim, na Seção 6 as considerações finais são apresentadas, juntamente com propostas de novos estudos relacionados.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Indicadores de sustentabilidade

Indicadores são dados ou informações, preferencialmente numéricos, que representam um determinado fenômeno e que são utilizados para medir um processo ou seus resultados, podendo ser obtidos durante a realização deste processo ou ao seu término (CARIDADE, 2006). Na análise de Lages e França (2010), os principais objetos para definição de indicadores de desempenho organizacional são voltados para desempenho dos produtos e/ou serviços, competitividade em qualidade, melhoria contínua dos processos, redução do custo da má qualidade e desempenho de macroprocessos.

2.2 Modelo GRI

O modelo de indicadores do GRI é consagrado internacionalmente, sendo amplamente utilizado por um número extenso de empresas em diferentes setores. O GRI resultou de um acordo internacional, em 1997, com uma visão de longo prazo e visando atender aos vários *stakeholders*.

A função do GRI é orientar a elaboração de relatórios de sustentabilidade, com abrangência global e de natureza voluntária, estimulando as organizações a divulgar suas informações em relação aos aspectos econômicos, ambientais e sociais de suas atividades, produtos e serviços. O modelo define métricas aos indicadores e estabelece um nível de transparência, embora não classifique empresas por desempenho ou eficiência (BORTOLIN et al, 2008).

A tabela 1 contempla os indicadores do GRI, por categorias de desempenho

Desempenho	Indicadores Essenciais	Indicadores Adicionais	Total
Econômico (EC)	7	2	9
Ambiental (EN)	17	13	30
Práticas Trabalhistas (LA)	9	5	14
Direitos Humanos (HR)	6	3	9
Social (SO)	6	2	8
Responsabilidade pelo Produto (PR)	4	5	9
Total	49	30	79

Tabela 1 - Indicadores GRI (Fonte: Diretrizes GRI G3).

2.3 Modelagem em DEA

DEA é uma abordagem não paramétrica, com base em programação linear, que estima a fronteira de produção e avalia a eficiência relativa de um conjunto de entidades produtivas, denominadas *Decision Making Units* (DMU). O modelo assume a homogeneidade das DMU selecionadas, que executam a mesma função e transformam insumos em produtos de forma comum (ZHOU; ANG; POH, 2008). Kassai (2002) destaca como vantagem da metodologia a possibilidade de a DMU atribuir pesos às variáveis consideradas no estudo, de forma que a eficiência de cada DMU analisada é definida de forma individual, em relação às demais DMU em estudo. Em contrapartida, por se tratar de uma técnica não paramétrica, não cabe em DEA o uso dos resultados para estatística descritiva e inferencial, mas somente às restritas às DMU e às variáveis em análise.

O modelo de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) é denominado CCR. O modelo utiliza a programação linear para calcular a eficiência global, identificar os *benchmarks* para as DMU ineficientes e apresentar as folgas em *inputs* ou *outputs* para que essas DMU possam atingir a fronteira de eficiência. O modelo CCR assume a premissa da produtividade das DMU com retornos constantes de escala, em que a variação em um recurso conduz a variações proporcionais nos demais recursos.

Outro modelo DEA clássico foi desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), sendo denominado BCC. Esse modelo se distingue do CCR por assumir retornos variáveis de escala para as DMU, o que torna os resultados mais benevolentes em relação às eficiências. O modelo BCC se baseia no axioma da convexidade, em que se identificam retornos crescentes, constantes e decrescentes de escala, o que permite criar uma fronteira de eficiência convexa e segmentada em relação à fronteira do modelo CCR (ANGULO MEZA et al., 2005).

Para a análise proposta, o modelo de DEA escolhido foi o CCR. Embora o uso de indicadores oriente o emprego de um modelo BCC, considerou-se

que a elevada competitividade do setor de papel e celulose, juntamente com as características das empresas selecionadas como DMU, com as maiores participações de mercado, permitem assumir um comportamento de retornos constantes de escala ao problema.

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \\ \text{sujeito a} & \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ u_j, v_i &\geq 0, \forall j, i \end{aligned} \tag{1}$$

Figura 1 - Conjunto de Equações - Modelo CCR (Fonte: ANGULO MEZA et al., 2003).

A formulação do modelo CCR é dada pelo conjunto de equações (1), que descreve o modelo dos multiplicadores, caracterizado por um conjunto de pesos e eficiências. A eficiência é um quociente entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*, cujo denominador é linearizado para tornar o problema com soluções finitas.

O modelo DEA foi aplicado na análise de eficiência em sustentabilidade. Dentre as principais pesquisas neste setor, destacam-se os estudos em ambiente e energia por Zhou, Ang e Poh (2008), em sustentabilidade no agronegócio por Rosano-Peña et al. (2014) e indicadores regionais europeus por Gerdessen e Pascucci (2013).

3. Metodologia

O presente artigo foi desenvolvido através de uma pesquisa bibliográfica exploratória, a partir da análise de diferentes publicações acadêmicas sobre sustentabilidade e DEA e, posteriormente, de relatórios GRI das empresas desta pesquisa.

Em relação à forma de abordagem trata-se de uma pesquisa quantitativa, onde se pretende estudar principalmente os resultados alcançados (FLEURY et al, 2010). A pesquisa analisou os relatórios anuais das empresas e os reportes de indicadores de sustentabilidade para levantar os dados necessários e realizar uma análise de eficiência pela comparação das empresas, seguindo o modelo DEA.

Para aprofundamento da investigação são apresentadas e analisadas as empresas selecionadas que atuam no setor de papel e celulose e nas quais se percebe que há uma preocupação com o relato de informações referentes

aos assuntos de sustentabilidade, prestando conta aos seus acionistas e à sociedade como um todo.

Foram observados nos relatórios reportados quais os principais assuntos relevantes indicados pelas partes interessadas, segundo avaliações de pesquisas desenvolvidas pelas próprias empresas. Nessa observação, quatro temas chamaram a atenção por estarem presentes nos relatórios como assuntos de interesse apontados nas três empresas selecionadas: uso da água; emissões, efluentes e resíduos; certificações e compromissos voluntários.

A partir do levantamento dos assuntos de interesse, foram selecionados e analisados os indicadores do GRI que podem estar relacionados com esses assuntos: EN8 – Captação de água, EN16 – Emissões de gases de efeito estufa. Em relação ao assunto relativo às certificações não se encontrou um indicador, por ser um assunto específico do setor. Em seguida aplicou-se o modelo DEA para análise da eficiência e uma comparação dos resultados com a relação de certificados voluntários apresentados pelas empresas.

4. Estudo de caso

4.1 – Contextualização

O interesse inicial das empresas de papel e celulose no Brasil deveu-se à presença abundante de vegetação nativa, que sofreram rápido processo de destruição. Em decorrência disto, as empresas desenvolveram práticas de reflorestamento para garantir matéria prima segura e homogênea. (FIGUEIREDO, 2009).

4.2 – O setor de papel e celulose

A indústria de papel e celulose é tradicional, basicamente produtora de *commodities*, com tecnologia relativamente acessível e cada vez mais globalizada. O setor possui uma cadeia produtiva complexa, abrangendo as etapas de reflorestamento, produção de madeira, fabricação de celulose, fabricação de papel, conversão de papel em artefatos, produção gráfica, produção editorial e reciclagem do papel utilizado. Além disso, esse setor inclui atividades de geração de energia, distribuição, comércio, exportação e transportes rodoviário, ferroviário e marítimo, de produtos e matérias-primas (LOPES, 1998). No Brasil, a Associação Brasileira de Papel e Celulose (BRACELPA) reúne os resultados do setor.

A seleção das empresas contemplou a relevância no setor e a qualidade dos dados dos relatórios GRI anuais. Foram consideradas três empresas, sendo denominadas neste artigo Empresa 1, Empresa 2 e Empresa 3. As empresas foram analisadas em relação à performance em três anos.

4.3 Empresas analisadas

4.3.1 Empresa 1

A Empresa 1 possui 92 anos de existência e opera hoje no segmento de celulose de eucalipto, comercializada em 30 países, e papel, com cerca de 20 marcas vendidos em 60 países. Desde 2006, a empresa é detentora do maior

escopo de certificações florestais do mundo, incluindo a concedida pelo Forest Stewardship Council® (FSC®), além das ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e Cerflor. No Brasil, emprega mais de 8 mil profissionais próprios e cerca de 11 mil terceirizados

4.1.2 Empresa 2

Fundada em 1899 é uma empresa brasileira de capital aberto, possui atualmente 16 unidades industriais - distribuídas por sete estados do Brasil - e uma na Argentina, ocupando o posto de maior produtora, exportadora e recicladora de papéis do Brasil. É líder nos mercados de papéis e cartões para embalagens, embalagens de papelão ondulado e sacos industriais. Também produz e comercializa madeira em toras. Possui cerca de 16 mil colaboradores (diretos e indiretos). A companhia possui 239 mil hectares plantados com pinus e eucalipto e 211 mil hectares de matas nativas preservadas.

4.1.3 Empresa 3

A Empresa 3 possui capacidade produzir 5,3 milhões de toneladas de celulose por ano, possuindo ainda 50% de participação de uma empresa, na Bahia. Em sociedade, opera o único porto brasileiro especializado em embarque de celulose (Aracruz, ES). Como ações de responsabilidade socioambiental, a Empresa 3 mantém projetos de educação e preservação ambiental, de capacitação profissional e de geração de renda, desenvolvidos com as comunidades nas quais está presente.

2. Modelagem do caso

A seleção das variáveis buscou atender, prioritariamente, à estrutura tradicional da sustentabilidade. Dessa forma, os eixos ambiental, social e econômico foram balizadores para a escolha de *inputs* e *output* para as DMU. Tendo em vista a quantidade reduzida de DMU no estudo de caso, seria inconveniente selecionar *inputs* e *outputs* para as seis dimensões de indicadores do GRI, conforme apresentado na Tabela 1. Caso contrário, o modelo DEA registraria elevada quantidade de DMU na fronteira de eficiência, configurando o problema da dimensionalidade em DEA. Assim, foram selecionados somente um recurso para cada dimensão. Como mostra na Figura 2, a seguir.

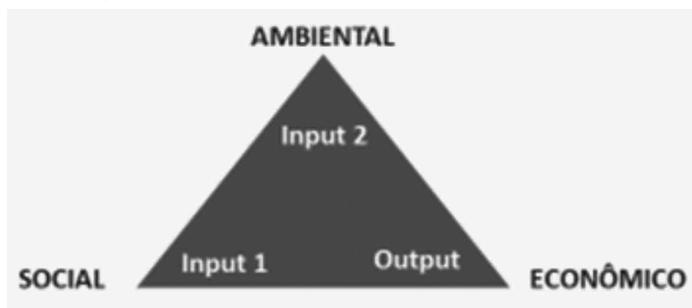


Figura 2 – Pilares da Sustentabilidade nas dimensões DEA (Fonte: Os autores)

As variáveis trabalhadas no estudo foram os *inputs* “Captação de água (m³)”, referindo-se ao volume de água utilizada na produção de papel das empresas e “Emissões (t CO₂)”, ou seja, o quanto de CO₂ está sendo emitido pelas empresas no processo de fabricação do papel. Emissões de CO₂ seria um *output* indesejável. Neste caso, para haver coerência no tratamento do *output* indesejável, no sentido de reduzir seu impacto, uma forma de atender ao problema matemático é torná-lo um *input*. Esta abordagem pode ser utilizada para modelos DEA BCC e CCR, dependendo das escalas de operação das unidades avaliadas (GOMES, 2003). A Figura 3 apresenta o sistema de *inputs* e *output* para as DMU.



Figura 3 – Elementos da DMU – (Fonte: Os autores)

Uma forma de observar se a empresa tem melhorado o seu desempenho, em relação às demais concorrentes, é comparar a evolução nos três anos selecionados, diferenciando a atuação de cada DMU, comparando todos os cenários. Dessa forma, a modelagem com nove DMU representa a atuação das três empresas em três anos, considerados separadamente. Essa abordagem justifica-se por possibilitar a análise da evolução temporal de cada companhia, além de levar em conta que a tecnologia utilizada pelas empresas não apresentou grandes incrementos ou mudanças nos anos mencionadas, assim como as técnicas de gestão e estratégias comerciais utilizadas (SOARES DE MELLO et al., 2005).

DMU	Empresa / Ano	Input 1 Capt água (m ³)	Input 2 Emissões (ton CO ₂)	Output Receitas (mi R\$)
1	Empresa 1 - Ano 1	82023872	926700	4064
2	Empresa 1 - Ano 2	79122206	1224141	3953
3	Empresa 1 - Ano 3	78481348	981646	4514
4	Empresa 2 - Ano 1	74076942	4410000	3097
5	Empresa 2 - Ano 2	64499007	4057750	2960
6	Empresa 2 - Ano 3	67968013	3106000	3663
7	Empresa 3 - Ano 1	119136797	1237845	6184
8	Empresa 3 - Ano 2	165424778	1237845	5293
9	Empresa 3 - Ano 3	189462718	1597399	6283

Tabela 2 - Dados dos indicadores (Fonte: Os autores).

A base de dados ao modelo DEA está representada na Tabela 3, que inclui as nove DMU e seus respectivos *inputs* e o *output*, para cada eixo tradicional da sustentabilidade nos relatórios do GRI, referentes às dimensões social, ambiental e econômico.

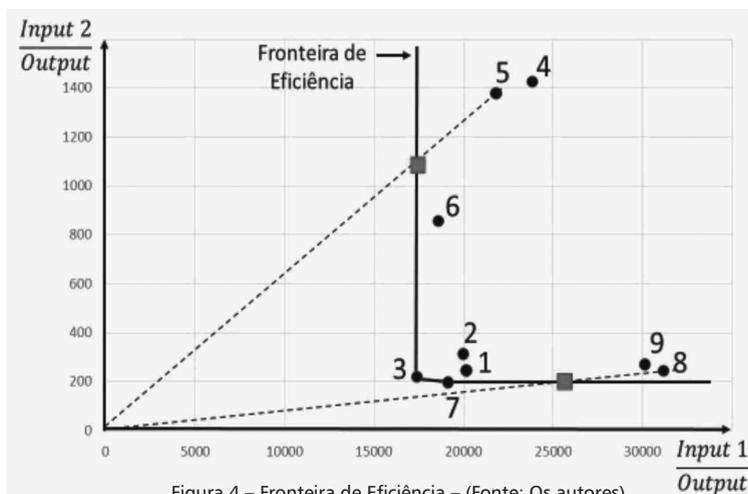
3. Análise de Resultados

O software "R", com o pacote "Benchmarking", foi utilizado para os cálculos do modelo DEA CCR orientado a *inputs*. A Tabela 4 apresenta as eficiências, benchmarks e excessos dos inputs 1 e 2 das DMU ineficientes.

DMU	Eficiência	Benchmark	Inp 1 (excessos)	Inp 2 (excessos)
1	0.9123	DMU 3 e 7	7.196.175	81.302
2	0.8686	DMU 3	10.394.521	160.820
3	1	---	0	0
4	0.7269	DMU 3	20.231.852	1.204.457
5	0.7979	DMU 3	13.035.828	820.108
6	0.9370	DMU 3	4.282.329	195.694
7	1	---	0	0
8	0.8559	DMU 7	23.834.650	178.351
9	0.7873	DMU 7	40.295.222	339.737

Tabela 3 – Eficiências, Benchmarks e excessos dos Inputs 1e 2 (Fonte: Os autores).

Os resultados gráficos do problema estão apresentados na Figura 4



Na Figura 4 é possível identificar a fronteira de eficiência, tendo o seu traçado orientado pelas DMU 3 e 7. As demais DMU encontram-se na região interna da fronteira, pois consomem mais, em ao menos um insumo, do que as DMU localizadas sobre a fronteira. As linhas tracejadas radiais permitem projetar as DMU ineficientes sobre a fronteira, permitindo identificar às referências a serem analisadas como *benchmarks*. Por exemplo, a projeção da DMU 5 indica que a interseção com a fronteira, ilustrada por um quadrado vermelho, encontra-se no segmento da DMU 3, sendo assim a sua referência. Da mesma forma, a projeção da DMU 8 indica a DMU 7 como a sua referência.

Em relação aos resultados obtidos com os três indicadores, para avaliar a eficiência das empresas em três anos, cabe inicialmente destacar que se tratam de uma visão parcial do problema. A Tabela 1 apresentou as quantidades de possíveis indicadores a serem utilizados na modelagem, que totalizam 79 diferentes indicadores. Dependendo da quantidade de DMU a analisar, seria então possível estabelecer diferentes combinações de indicadores e, conseqüentemente, resultados diferentes dos obtidos nesta aplicação. Dessa forma, as conclusões a seguir se referem exclusivamente aos resultados da combinação dos três indicadores com modelagem DEA.

Pode-se observar, os dados sugerem que a Empresa 3 vem perdendo a excelência no que diz respeito a gestão dos recursos avaliados, comparativamente as suas concorrentes, ainda que ela tenha sido eficiente no Ano 1. Não podendo ser vista como uma empresa consciente dos impactos que suas atividades podem causar. Ainda dentro dessa ótica, não podemos afirmar com veemência se a Empresa 1 vem tendo consciência ambiental. Embora tenha sido a mais eficiente no Ano 3, a queda no índice de eficiência do Ano 1 para o Ano 2 e depois a súbita posição de *benchmark* no Ano 3 não deixa claro se as práticas adotadas pela empresa estão de fato gerando menos impacto, ou se alguma outra externalidade a deixou neste posto. Por outro lado, a Empresa 2 apesar de ter apresentado os piores resultados na análise em questão, embora a empresa tenha melhorado sua eficiência a cada ano. Na tabela 4, podemos observar os *Benchmark* da DMU e podemos notar que em todos os casos, o *Benchmark* mais próximo da Empresa 2, em todos os anos, é no Ano 3.

Isso pode gerar margem para duas interpretações. A primeira delas nos leva a crer que está havendo um retrocesso nas práticas de responsabilidade socioambiental no país. Por conta das práticas da Empresa 3 não terem se destacado (comparativamente falando) ao longo dos anos avaliados. Por outro lado, se olharmos a eficiência padrão das DMU, podemos notar que os resultados da Empresa 2 cresceram anualmente, nos dando uma análise mais segura do cenário nacional do que os *benchmarks*, que sempre se mantiveram no topo.

Porém, para saber qual a resposta de fato, devemos olhar para a Empresa 1, que obteve um crescimento considerável na sua eficiência no Ano 3. Isso

pode ser respondido pelo fato da aquisição da empresa de outras duas empresas do ramo, cujas práticas sustentáveis podem ter sido absorvidas pela empresa, elevando sua eficiência nos quesitos avaliados ao patamar de Benchmark. Portanto, podemos concluir que de fato as empresas estão mais preocupadas com a redução de utilização dos recursos ambientais, baseado nessa amostra de empresas, que representa quase 60% do setor nacional.

Por fim, outra comparação se faz necessária uma vez que o tema relativo a certificações voluntárias foi levantado pelo *stakeholders* das empresas como um dos mais importantes para suas atividades. A tabela 5 a seguir apresenta as informações disponíveis a respeito das certificações dessas empresas.

Empresa	ISO 9001	ISO 14001	ISO 22000	OHSAS 18001	SA 8000	FSC - Forest Stewardship Council	Cerflor
Empresa 1	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Empresa 2	Sim	Sim	Sim	Parcial	Não	Sim	Não
Empresa 3	Sim	Sim	Não	Parcial	Não	Parcial	Parcial

Tabela 4 - Certificações voluntárias (Fonte: os autores).

É possível observar que todas as empresas possuem certificação ISO9001 e ISO14001, o que evidencia preocupação com a gestão da qualidade e ambiental. Além disso, é importante ressaltar que as três também têm buscado as certificações específicas do setor como um diferencial competitivo. O selo FSC garante que a produção utiliza madeira de reflorestamento certificada de acordo com rigorosos critérios sociais, ambientais e econômicos estabelecidos pela organização internacional FSC – Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal). A certificação Cerflor, do Programa Brasileiro de Certificação Florestal, da mesma forma possui critérios específicos para atividade produtiva de papel e celulose, envolvendo toda a cadeia produtiva. Em relação a essas certificações a Empresa 1 mostrou maior abrangência em suas operações.

4. Conclusões

O momento atual tem exigido dos empresários a demonstração não só de resultados econômicos como também a responsabilidade social e ambiental, dentre outras, na realização de seus negócios. Porém, a simples publicação de relatórios de sustentabilidade, nos modelos atualmente adotados, não demonstra como a empresa está considerando essas questões na sua gestão empresarial pela busca da eficiência. O presente artigo se propôs a utilizar modelos comparativos para a análise da eficiência de empresas de um setor específico em relação aos impactos relativos a sustentabilidade.

O desenvolvimento do artigo mostra que, através de técnicas de

programação matemáticas como o uso da metodologia DEA, é possível desenvolver uma análise que demonstre o quanto as empresas têm se esforçado para melhorar seu desempenho no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável. A vantagem da utilização desse modelo é que permite a comparação de dados que possuem unidades de medida diferentes em agentes distintos, ou seja, os indicadores de sustentabilidade nas empresas.

O artigo se limitou a desenvolver uma análise considerando a eficiência de um número limitado de empresas com um número específico de indicadores considerados relevantes. Porém é possível ampliar essa análise em mais empresas do mesmo setor e também com maior número de indicadores em trabalhos futuros. A publicação cada vez maior de relatórios de sustentabilidade pelas empresas, principalmente contemplando o GRI que exige certa padronização, também facilita esse tipo de trabalho.

A importância desse tipo de pesquisa tem aumentado uma vez que o mundo globalizado em que as organizações se encontram, a prestação de contas em relação ao uso de recursos naturais, emissões, tem sido foco de grandes movimentos mundiais. Neste sentido, é necessário identificar como empresas de diversos setores, podem demonstrar seu desempenho nos aspectos econômicos, ambientais e sociais de forma mais clara e transparente possível, permitindo a análise de performance e até mesmo a comparação com outras empresas. Da mesma forma, também é preciso que as sejam utilizadas as técnicas disponíveis hoje para observação desse tema, ou mesmo o aperfeiçoamento das técnicas existentes para obtenção de resultados fidedignos.

A demonstração dos resultados obtidos nesse artigo mostra que nem todas as empresas se comportam da mesma forma ao longo do tempo. Certamente para fazer uma análise mais detalhada é necessário perceber quais são os produtos principais de cada empresa, os processos produtivos, a tecnologia utilizada e como esses produtos interferem na receita. Também é importante observar onde essas empresas estão localizadas e quais os recursos disponíveis da região onde atua.

Contudo, mesmo sendo essa uma análise mais superficial comparativa, é interessante observar que, considerando o resultado demonstra uma melhor atuação de duas empresas no Ano 3, entretanto a Empresa 3 mesmo tendo sido Benchmark no Ano 1, teve um retrocesso em suas práticas ambientais. Quanto a preocupação com as certificações voluntárias, pode estar havendo uma mudança de atuação dessas empresas com uma preocupação maior com a Sustentabilidade. E que, tendo uma comparação com suas concorrentes com a identificação de alvos a serem perseguidos, as empresas podem seguir em uma estratégia mais sustentável, onde não só o aspecto econômico é observado, mas também o ambiental e social.

Referências

- AMARAL, S. P. Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório de sustentabilidade ambiental, social e econômica: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Planejamento Energético) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. Free software for decision analysis a software package for data envelopment models. ICEIS 2005 - Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems, 7, 2005, p. 207-212.
- ANGULO MEZA, L.; CORREIA, T. C. V. D.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.. Eficiência técnica das companhias aéreas brasileiras: um estudo com análise envoltória de dados e conjuntos nebulosos. Produção, v. 21, n. 4, p. 676-683, out./dez. 2011.
- ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E.. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 325-345, maio/ago. 2003 .
- AVÓ, Marcos; ALTMANN, Ricardo. O futuro do setor de papel e celulose a partir de uma ótica brasileira. Revista O Papel, São Paulo, ano LXX, p. 37-41, maio 2009.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BELLEN, Hans Michael Van. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BORTOLIN, A. R.; LEMOS, C. C. de; OIKO, O. T.; RODRIGUES, Ú.; MALHEIROS, T. F. Instrumentos de avaliação de desempenho ambiental nas empresas: contribuições e limitações. In: Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade. 198 ed. São Carlos: EESC - USP, 2008, v. 1, p. 1-184.
- BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. BRACELPA. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 16 mar. 2016.
- CAMPOS, José Antônio. Cenário balanceado: painel de indicadores para a gestão estratégica dos negócios. São Paulo: Aquariana, 1998.
- CARIDADE, Annelise Vendramini da Silva. Práticas de gestão estratégica e aderência ao método sigma: um estudo de caso no setor de celulose e papel. São Paulo: USP, 2006.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, v. 2, p. 429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y. & SEIFORD, L. M.. Data envelopment analysis: theory, methodology and applications. Kluwer Academic Publishers, USA, 1995.
- EXAME. Melhores e maiores empresas do Brasil em 2014. Exame. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/melhores-e-maiores/>>. Acesso em: 1 abr. 2016.
- FERNANDES, Renato Leite. Avaliação dos terminais que movimentam contêineres no Brasil através da análise envoltória de dados. Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FERREIRA, Núbia Alves de Carvalho; GIFFHORN, Edilson; VIANNA, William Barbosa; PALADINI, Edson Pacheco. Indicadores Estratégicos da Qualidade Sócio-Ambiental – O caso de uma empresa produtora de matérias-primas para fertilizantes. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2009.

FIGUEIREDO, Paulo N. Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. São Paulo: LTC, 2009.

FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRINIONI, J. B.; HO L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. São Paulo: Campus, 2010.

GERDESSEN, J. C.; PASCUCCI, S. Data envelopment analysis of sustainability indicators of european agricultural systems at regional level. *Agricultural Systems*, 118(0), p. 78-90, 2013.

GOMES, E. G. Modelos de análise de envoltória de dados com ganhos de soma zero. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; E SOUZA, G. D. S.; ANGULO MEZA, L.; MANGABEIRA, J. A. D. C.. Efficiency and sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian Amazon. *Annals of Operations Research*, 169 (1), 2009, p. 167-181.

GRI – Global Reporting Initiative. Global Reporting Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/information/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 1 abr. 2016.

HAYNES, K. E.; RATICK, S.; CUMMINGS-SAXTON, J.. Toward a pollution abatement monitoring policy: Measurements, model mechanics, and data requirements. *The Environmental Professional* 16, 1994, p. 292–303

JURAN, J. M. Qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira, 1992.

KASSAI, Sílvia. Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Departamento de Contabilidade e Atuária. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, 2002.

LAGES, Raphael Talayer da Silva; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga. Definição e análise de indicadores através do conceito do Triple Bottom Line. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, SP, 2010.

LIMA, Alcindo Martins. Instrumentos de reporte de sustentabilidade (Triple Bottom Line). Foz do Iguaçu: UFSM, 2007.

LOPES, Carlos R. Análise da indústria de papel e celulose no Brasil. Dissertação (Mestrado em Administração) – COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

ROSANO-PEÑA, C.; GUARNIERI, P.; SOBREIRO, V. A.; SERRANO, A. L. M.; KIMURA, H. A measure of sustainability of Brazilian agribusiness using directional distance functions and data envelopment analysis. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 21(3), 2014, p. 210-222.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de análise envoltória de dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – Pesquisa Operacional e Desenvolvimento Sustentável, Gramado, Rio Grande do Sul, 2005.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; LINS, M. P. E.; MELLO, M. H. C. S. Emprego de métodos ordinais multicritério na análise do campeonato mundial de Fórmula 1. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção - Universidade Federal Fluminense, 2002.

SOARES DE MELLO, M. H. C. Avaliação de desempenho nas engenharias: estudo de caso UFF. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. RER, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, 2005, p. 607-631.

TRIANIS, K.; OTIS, P. Dominance-based measurement of productive and environmental performance for manufacturing. European Journal of Operational Research 154, 2004, p. 447–464.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. European Journal of Operational Research, 189 (1), 2008, p. 1-18.