



## **SIMDEA: Sistema Integrado de Modelagens em Análise Envoltória de Dados**

**Bárbara Gabriella da Silva Soares**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Av. Sen Salgado Filho, Campus Lagoa Nova, Natal - RN, 59066-800  
barbaragabriellass@gmail.com

**Tales Wilson Avelino Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Av. Sen Salgado Filho, Campus Lagoa Nova, Natal - RN, 59066-800  
taleswilson@hotmail.com

**Maria Josiele de Queiroz**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Av. Sen Salgado Filho, Campus Lagoa Nova, Natal - RN, 59066-800  
josieleq@gmail.com

**Mariana Rodrigues de Almeida**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Av. Sen Salgado Filho, Campus Lagoa Nova, Natal - RN, 59066-800  
almeidamariana@yahoo.com

**Daniel Aloise**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Av. Sen Salgado Filho, Campus Lagoa Nova, Natal - RN, 59066-800  
aloise@gmail.com

**João Carlos Correia Baptista Soares de Mello**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria 156, Campus da Praia Vermelha - Escola de Engenharia, Niterói - RJ,  
24210-240  
jccbsmello@id.uff.br

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o detalhamento do desenvolvimento de um software gratuito on line para calcular eficiência de várias modelagens por meio da web. Este artigo envolve a modelagem de algoritmos baseados em DEA (Análise Envoltória de Dados) utilizando o software MATLAB integrado ao JAVA para a resolução de problemas de programação linear de modelos DEA. Todos os pressupostos da modelagem foram atendidos no desenvolvimento do algoritmo. O SIMDEA (Sistema Integrado de Modelagens em Análise Envoltória de Dados) visa facilitar o trabalho de estudantes, professores, pesquisadores e interessados na área, que fazem uso de DEA em suas análises. Para finalizar, este software on line tem grandes contribuições no âmbito acadêmico e empresarial, sobretudo por incluir modelagens avançadas, a fim de auxiliar os gestores nas tomadas de decisões.

**PALAVRAS CHAVE.** Web, DEA, Eficiência, Modelo, MATLAB, Java, Produção.

**Tópicos (DEA - Análise Envoltória de Dados, EDU - PO na Educaçã)**



## ABSTRACT

This paper aims to describe the development of a free online software to calculate the efficiency of various models through the web. This paper involves algorithmic modeling based in DEA using MATLAB integrated with JAVA for the resolution of linear programming problems of DEA models. All modeling assumptions were attended in the development of the algorithm. The SIMDEA (*Sistema Integrado de Modelagens em Análise Envoltória de Dados*) is intended to facilitate the work of students, professors, researchers and those interested in this area, that make the use of DEA in their analyzes. To conclude, this online software has great contribution in academic and business sphere, mainly for including advanced models, in order to assist the managers in the decision making.

**KEYWORDS.** Web, DEA, Efficiency, Models, MATLAB, Java, Production.

**Paper topics (DEA - Data Envelopment Analysis, EDU - OR in Education)**



## 1. Introdução

Análise Envoltória de Dados (DEA - Data Envelopment Analysis) objetiva monitorar a produtividade de unidades de decisão, fornecendo direções para melhoria das entidades através de dados quantitativos. Essa metodologia de análise utiliza métodos matemáticos para obter análises e avaliações da eficiência sendo fortemente utilizada em contábeis, pesquisas e nas áreas de Engenharia de Produção.

Esta metodologia é muito utilizada em diversos segmentos, tanto no setor privado quanto no público LIU et al. [2013]. Com o avanço das aplicações, cada vez o mercado requer uma necessidade de disseminar os modelos clássicos, pois atualmente tem existido uma interação maior com o mercado, porém este público visa extrair apenas quais são os resultados este modelo pode oferecer, como, por exemplo: o índice de eficiência, as metas e os benchmarks para cada DMUs analisada. Nessa vertente, os gestores se limita aos resultados e os benefícios no qual pode oferecer para os diversos segmentos. Para tanto, vários especialistas tem desenvolvidos pacotes para atender este público, conforme detalhado por BARR [2004] as principais características.

Atualmente, no Brasil, existem poucos softwares e sites disponíveis que conseguem suprir todas as necessidades de geração de resultados, análise de dados e auxílio na tomada de decisão através de modelos em DEA. Tendo em vista o crescente interesse por DEA e o amplo número de desenvolvedores, pesquisadores, professores, estudantes e/ou profissionais interessados nessa área, este trabalho objetiva a elaboração divulgar e detalhar o desenvolvimento do website intitulado SIMDEA (Sistema Integrado de Modelagens em Análise Envoltória de Dados). Neste trabalho, contém o detalhamento da modelagem dos algoritmos utilizados para a execução DEA em que visa fornecer uma melhor interação com o usuário. Até o presente momento, os métodos implementados foram os modelos clássicos CCR CHARNES et al. [1978], BCC BANKER et al. [1984] e ainda a implementação da modelagem NDEA KAO [2009].

Com o desenvolvimento desse website, os gestores terão uma maior facilidade para executar as diferentes modelagens, tanto no ambiente nacional quanto internacional. Em uma perspectiva acadêmica, os discentes poderão obter os seus resultados de forma rápida e simplificada. Uma das principais vantagens do SIMDEA está no fato de ser uma aplicação web, permitindo que os usuários venham a ter acesso aos seus projetos em qualquer computador, quebrando assim uma barreira física, que talvez pudesse vir a ser um problema, devido a complexidade das modelagens. Outra vantagem, talvez a mais importante, está no fato do SIMDEA ser totalmente gratuito, e ainda oferecer resolução de modelos não encontrados em outros softwares presentes no mercado, como o modelo NDEA.

## 2. Modelos em DEA

### 2.1. Modelos clássicos CCR e BCC

Os elementos que compõe uma aplicação DEA pode ser visualizado na Figura 1, onde a unidade produtiva, chamada de Decision Making Unit (DMU), ou seja, unidade tomadora de decisão, possui entradas (inputs), que está relacionado em princípio aos insumos empregados por ela no processo produtivo, e as saídas (outputs) que se referem à produção obtida.

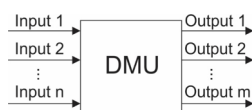


Figura 1: Elementos da DMU (Decision Making Unit)

Os modelos tradicionais DEA desenvolvidos por Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) em 1978 e Banker, Charnes e Cooper em 1984 (BCC) são classificados segundo o retorno de escala assumido na formulação do problema, ou seja, Constante (Constant Return to Scale - CRS) ou Variável (Variable Return to Scale - VRS).



Uma outra classificação pode ser feita na modelagem DEA no que se refere ao tipo de orientação desejada, ou seja, um determinado modelo por ser orientado ao input, ou orientado ao output, conforme é ilustrado na Figura 2. Assim, quando o modelo é orientado ao input, as DMUs diminuem seus recursos para atingir a fronteira de eficiência, de modo que os resultados não sejam alterados. Na orientação ao output, as DMUs buscam atingir a fronteira maximizando seus outputs, mas com os inputs constantes.

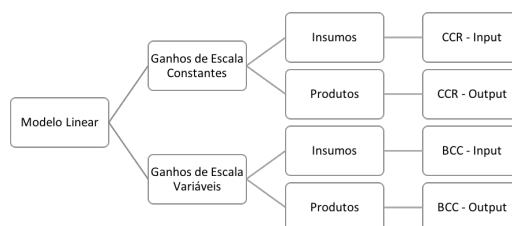


Figura 2: Classificação entre Ganhos de Escala e Orientação

Os modelos clássicos CCR e BCC podem ser também analisados sob a forma de envelopamento ou dual. Essa abordagem envolve um número menor de restrições em comparação com a forma primal, onde a sua principal contribuição é indicar as metas para que as DMUs ineficientes possam se tornar eficientes.

No modelo CCR dual com orientação ao output, temos as equações 1, 2, 3 e 4, onde representam respectivamente a função objetivo, restrição de linearização e as demais restrições:

**CCR - Dual - Orientação: Output**

$$MAX \eta \tag{1}$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^z x_{jk} \lambda_k \leq x_{j0} \quad para \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^z y_{ik} \lambda_k - \eta y_{i0} \geq 0 \quad para \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{3}$$

$$\lambda_k e \eta \geq 0 \quad k = 1, \dots, j \tag{4}$$

No modelo BCC dual com orientação ao input, temos as equações 5, 6, 7 e 8, onde representam respectivamente a função objetivo, restrição de linearização e as demais restrições:

**BCC - Dual - Orientação: Input**

$$MIN \theta \tag{5}$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^z y_{ik} \lambda_k \geq y_{i0} \quad para \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{6}$$

$$\sum_{k=1}^z x_{jk} \lambda_k - \theta x_{j0} \leq 0 \quad para \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{7}$$



$$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1 \quad (8)$$

$$\lambda_k e \theta \geq 0 \quad k = 1, \dots, j \quad (9)$$

Onde:  $\theta$  é a eficiência,  $\eta$  é o inverso da eficiência,  $\lambda_k$  é a participação da DMU  $k$  na meta da DMU em análise,  $x_{jk}$  é a quantidade do *input*  $j$  da DMU  $k$ ,  $y_{ik}$  é a quantidade do *output*  $i$  da DMU  $k$ ,  $x_{j0}$  é quantidade do *input*  $j$  da DMU em análise,  $y_{j0}$  é a quantidade do *output*  $i$  da DMU em análise,  $z$  é o número de unidades em avaliação,  $m$  é o número de *outputs* e  $n$  é o número de *inputs*.

Por meio dos coeficientes  $u$  e  $v$ , é possível identificar o tipo de retorno à escala pelo o qual a DMU está operando: coeficiente  $u > 0$ , retorno crescente; coeficiente  $u = 0$ , retorno constante; coeficiente  $u < 0$ , retorno decrescente; coeficiente  $v > 0$ , retorno decrescente; coeficiente  $v = 0$ , retorno constante; e coeficiente  $v < 0$ , retorno crescente.

## 2.2. Modelagem DEA em rede (Network DEA)

A estrutura em série é representada na Figura 3. As entradas  $x_j$  são fornecidas para o 1º estágio (processo) para produzir produtos intermediários  $Z_p$ , estes que serão entradas para o próximo estágio a fim de produzir os produtos finais  $y_r$ .

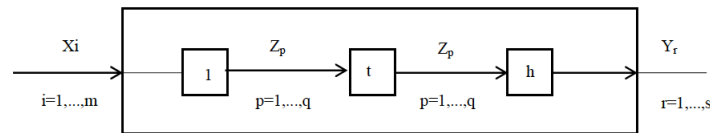


Figura 3: Estrutura em Rede em Série

Considerando uma estrutura em série com  $h$  processos,  $Z_p$  como produtos intermediários,  $x_j$  como *inputs* e  $y_r$  como *outputs*, a eficiência do sistema da DMU  $k$  é calculado pela seguinte modelo generalizado de Kao e Hwang (2008):

$$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (11)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (12)$$

$$\sum_{p=1}^q w_p^{(1)} Z_{pj}^{(1)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

$$\sum_{p=1}^q w_p^{(t)} Z_{pj}^{(t)} - \sum_{p=1}^q w_p^{(t-1)} Z_{pj}^{(t-1)} \leq 0 \quad t = 2, \dots, h-1 \quad j = 1, \dots, n \quad (14)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p^{(h-1)} Z_{pj}^{(h-1)} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$



$$u_r, v_i, w_p^{(t)} \geq \varepsilon \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \quad p = 1, \dots, q \quad t = 1, \dots, h - 1 \quad (16)$$

Onde:  $x_{ij}$  são os *inputs*,  $y_{ij}$  são os *outputs*,  $z_{pj}^{(t)}$  é produto intermediário e  $w_p^{(t)}$  é o multiplicador, ou a importância, associado ao produto intermediário do processo t.

Os produtos intermediários do processo t são as saídas do processo t, bem como as entradas de processo t + 1. Os produtos intermediários do último processo h são as saídas do sistema KAO [2009].

A restrição da equação 12 corresponde ao sistema, enquanto que as restrições das equações 17, 18 e 19 representam as restrições dos processos. De acordo com KAO [2009], o sistema de restrição é redundante e dessa forma, poderia ser omitido. Logo, o número de restrições é igual ao número de DMUs multiplicado pelo número de processos no sistema. Sendo assim, uma DMU é eficiente apenas se todos os seus processos são eficientes.

Então, a eficiência de cada processo será:

$$E_k^{(1)} = \frac{\sum_{p=1}^q w_p^{(1)} z_{pk}^{(1)}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ik}^{(1)}} \quad (17)$$

$$E_k^{(t)} = \frac{\sum_{p=1}^q w_p^{(1)} z_{pk}^{(1)}}{\sum_{i=1}^m w_p^{(t-1)} z_{pk}^{(t-1)}} \quad t = 2, \dots, h - 1 \quad (18)$$

$$E_k^{(h)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{rk}}{\sum_{p=1}^q w_p^{(h-1)} z_{pk}^{(h-1)}} \quad (19)$$

Onde  $u_r^*$ ,  $v_i^*$  e  $w_p^{(t)*}$  são os multiplicadores ótimos.

### 3. Software em DEA

Os softwares em DEA surgiram para auxiliar na interface entre os gestores e desenvolvedores de diferentes áreas e segmentos. De acordo com BARR [2004], os diferentes pacotes oferecem uma ampla disponibilidade de modelos, características e capacidades com diferentes interfaces, diversas opções de reportar os resultados, velocidade de solução de modelo diferenciada e custos de aquisições. No mercado, esses diferentes pacotes podem ser comercializados ou obter de maneira gratuita. Cabe ao gestor adquirir o melhor pacote para atender as suas necessidades. A Tabela 1 apresenta os principais softwares em DEA disponíveis no mercado, com o nome, endereço e o nome do desenvolvedor correspondente.

Tabela 1: Principais Softwares Disponíveis no Mercado

Software	Acesso	Autor
DEA Excel Solver	<a href="http://www.deafrontier.com/deasolver.html">www.deafrontier.com/deasolver.html</a>	Zhu (2003)
DEAP	<a href="http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm">www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm</a> <a href="http://www.uq.edu.au/economics/cepa">www.uq.edu.au/economics/cepa</a>	Tim Coelli (1996)
SEM	<a href="http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/">http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/</a>	Holger, Scheel's
DEA Frontier	<a href="http://www.banxia.com">www.banxia.com</a>	Tim Coelli
ONFRONT 2	<a href="http://www.emq.com/software.html">www.emq.com/software.html</a>	
SIAD	<a href="http://www.uff.br/decisao/">http://www.uff.br/decisao/</a>	Lídia Angulo Mesa Luiz Biondi Neto João Soares de Melo Eliane Gomes
TFPIP	<a href="http://www.uq.edu.au/economics/cepa/tfpip.htm">http://www.uq.edu.au/economics/cepa/tfpip.htm</a>	Tim, Coelli (1997)
Konsi DEA analysis	<a href="http://www.dea-analysis.com.br">www.dea-analysis.com.br</a>	
PIM-DEA	<a href="http://www.deazone.com">www.deazone.com</a>	Emmanuel Thanassoullis
DEAOS	<a href="http://www.deaos.com">www.deaos.com</a>	

A principal vantagem em usar o SIMDEA, assim como qualquer outra aplicação web, é a facilidade de acesso, uma vez que não há a necessidade de realizar a instalação do software no computador e usuário pode ter acesso as informações de seus projetos em qualquer lugar e qualquer máquina, que tenha conexão com a internet.



Os softwares disponíveis no mercado apresentam algumas limitações, dentre as quais o número de DMUs limitada. Em termos de modelagem, a maioria dos softwares incluem as modelagens clássicas, porém, as diferenças consistem no detalhamento dos resultados obtidos. Em alguns softwares, a análise de janela, a avaliação de multi-período, a modelagem de super-eficiência e a análise de sensibilidade também são características diferenciais dos pacotes. Um dos softwares mais comercializado é o PIM-DEA desenvolvido por EMROUZNEJAD e THANASSOULIS [2015]. O PIM-DEA determina o conjunto dos alvos, identifica os benchmarks e muito mais, permitindo os usuários gerenciar o desempenho das suas organizações. De uma maneira mais restrita para usuários com conhecimento em estatística, o software FEAR é o mais indicado, como descrito por WILSON [2008]. O FEAR consiste em um software implementado no pacote R.

Após apresentada as principais características dos softwares, outra vantagem importante do SIMDEA, é que, independente do modelo DEA, não há limite no número de DMUs que podem ser carregadas nos projetos, assim como também não há um número máximo de projetos por usuário a ser executado. A Tabela 2 apresenta uma breve comparação entre o SIMDEA e os principais softwares que implementam o DEA. Alguns dos softwares apresentados possuem uma versão gratuita para pequenos números DUMs e há uma versão paga para poder gerar números mais elevados de DUMs, porém não chegam a ser ilimitados como disponibilizado no SIMDEA. Para essa comparação, os dados apresentados foram baseados na versão gratuita, se houver.

Tabela 2: Comparação dos Softwares em DEA

Software	DEAFrontier	EMS	PIM-DEA	DEA OS	SIAD	SIMDEA
Grátis	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Online	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
DMUs Ilimitadas	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
BCC - Primal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
BCC - Dual	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
CCR - Primal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
CCR - Dual	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
NDEA - Serial	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

Com este detalhamento, os usuários podem selecionar o seu pacote de acordo com sua necessidade. As próximas sessões detalham o algoritmo do SIMDEA.

## 4. Metodologia

### 4.1. Modelagem dos Algoritmos

Após a realização dos estudos relacionados aos modelos DEA, foi feita a implementação de cada técnica utilizando o Microsoft Excel com auxílio da ferramenta Solver. Devido a limitação do Solver, no que diz respeito a quantidade de restrições, foi necessário buscar outros meios de solucionar os modelos DEA.

Dentre as possibilidades disponíveis o escolhido para resolver os problemas de programação linear dos modelos DEA foi o MATLAB, que se trata de um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

Assim, utilizando o MATLAB, foi possível fazer a implementação dos algoritmos para resolver DEA usando funções de programação linear. A partir das implementações, viu-se a possibilidade de criação de um site que fosse capaz executar e analisar os modelos DEA. Para a criação do site escolheu-se a linguagem Java, onde atualmente é uma das mais difundidas nos ambientes de programação por possuir uma grande flexibilidade e ser de fácil integração com as mais diversas aplicações.

Com a utilização da função linprog disponível no MATLAB foi possível resolver os problemas de programação linear que compõe os modelos DEA. Uma vez criado os algoritmos, foi feito então a criação de uma função em Java para integrar o script do MATLAB, que recebe um arquivo Excel em formato CSV com apenas os dados para análise, e então gera os resultados.



A Figura 4 duas entradas (colunas A e B) e duas saídas (colunas C e D) distribuído em 12 DMUs.

	A	B	C	D	E
1	20	151	100	90	
2	19	131	150	50	
3	25	160	160	55	
4	27	168	180	72	
5	22	158	94	66	
6	55	255	230	90	
7	33	235	220	88	
8	31	206	152	80	
9	30	244	290	100	
10	50	268	250	100	
11	53	306	262	147	
12	38	284	250	120	

Figura 4: Dados para serem Analisados

Uma vez que o arquivo de entrada é processado, é gerado um arquivo de saída também no formato CSV. As informações contidas no arquivo de resultados são: Dados, pesos e valor da função objetivo se o modelo for do tipo Primal, caso seja do tipo Dual os valores de metas e benchmark são acrescentados ao arquivo resultado. A Figura 5 mostra uma parte dos resultados do modelo BCC - Primal gerados para o usuário.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	BCC - Primal							
2								
3	Dados							
4	DMU (s)	INPUT_1	INPUT_2	OUTPUT_1	OUTPUT_2			
5	DMU_1	20	151	100	90			
6	DMU_2	19	131	150	50			
7	DMU_3	25	160	160	55			
14	DMU_10	50	268	250	100			
15	DMU_11	53	306	262	147			
16	DMU_12	38	284	250	120			
17								
18	Pesos							
19	DMU (s)	V_1	V_2	U_1	U_2	u'	u''	U
20	DMU_1	0,046883	0,000413	0,000219	0,004109	0,304148	-0,30415	0,608296
21	DMU_2	0,045451	0,001041	0,000597	0,000591	0,440442	-0,44044	0,880885
22	DMU_3	1,47E-16	0,00625	0,002716	0,00652	0,04267	-0,04267	0,08534
29	DMU_10	6,72E-15	0,003731	0,00152	0,005828	-0,05651	0,056507	-0,11301
30	DMU_11	0,008248	0,001839	0,035808	1,79069	-135,807	135,807	-271,614
31	DMU_12	0,024155	0,000289	0,001275	0,012962	-0,43707	0,437072	-0,87414
32								
33	Funcao Objetivo (%)							
34	DMU_1	100,00%						
35	DMU_2	100,00%						
36	DMU_3	87,85%						
43	DMU_10	84,97%						
44	DMU_11	100,00%						
45	DMU_12	100,00%						

Figura 5: A Interface dos Resultados Obtidos para o Gestor

A Figura 6 mostra o resultado para o modelo CCR - Dual incluindo as metas e a análise das DMUs benchmark.

Quando o usuário envia a sua planilha em formato ".csv" contendo os dados, esse arquivo será transformado em um arquivo de texto em formato ".txt" o qual irá conter as informações: inputs, outputs, midputs<sup>1</sup>, orientação, modelo e dados. A partir disso, o algoritmo é inicializado, e então prepara o ambiente com as variáveis necessárias para a execução dos processos. O fluxograma desse algoritmo é apresentado na Figura 7. Então, após abrir o arquivo ".txt", as informações são lidas e o modelo escolhido é executado, dessa maneira o sistema de equações é montado, definido as restrições do modelo e finalmente é chamado a função linprog que irá resolver o problema de programação linear. Ao fim desse processo, será gerado um arquivo ".csv" contendo os resultados, sendo assim disponibilizado para o usuário.

#### 4.2. Documentação e Padrões de Projeto

No desenvolvimento de software existem várias etapas com propósitos pré-definidos. Uma etapa essencial para a elaboração de um site é a documentação da arquitetura, que descreve o sistema e facilita na compreensão do seu comportamento.

<sup>1</sup> Será definido valor zero quando o modelo não for o NDEA.





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CCR - Dual Orientado ao INPUT												
2	Dados												
3	DMU (s)	INPUT_1	INPUT_2	OUTPUT_1	OUTPUT_2								
4	DMU_1	20	151	100	90								
5	DMU_2	19	131	150	50								
14	DMU_11	53	306	262	147								
15	DMU_12	38	284	250	120								
16													
17	Pesos												
18	DMU (s)	V_1	V_2	U_1	U_2								
19	DMU_1	0,03424	0,00209	0,0002	0,01089								
20	DMU_2	2,50E-11	0,00763	0,00642	1,53E-10								
29	DMU_11	1,61E-13	0,00327	0,00139	0,00594								
30	DMU_12	2,87E-16	0,00352	0,0015	0,00424								
31													
32	Funcao Objetivo (%)												
33	DMU_1	100,00%											
34	DMU_2	96,34%											
43	DMU_11	94,34%											
44	DMU_12	88,40%											
45													
46	Modelo Dual - Lambdas												
47	DMU (s)	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_10	L_11	L_12
48	DMU_1	1	3,32E-10	2,60E-10	2,73E-10	1,73E-09	1,08E-10	2,18E-10	3,67E-10	8,97E-11	1,45E-10	3,88E-10	1,73E-10
49	DMU_2	1,26E-10	3,05E-09	3,53E-10	5,62E-10	7,84E-11	9,56E-11	1,22E-10	6,74E-11	0,51724	8,89E-11	1,67E-11	8,95E-11
58	DMU_11	1,0205	3,82E-09	1,71E-10	1,56E-08	2,21E-10	1,35E-10	1,42E-10	1,48E-10	0,55155	1,61E-10	8,23E-10	1,90E-10
59	DMU_12	0,6087	6,80E-15	1,47E-15	4,80E-14	1,23E-15	9,24E-16	1,16E-15	9,42E-16	0,65217	1,00E-15	9,70E-16	1,29E-15
60													
61	Metas												
62		DMU_1	DMU_2	DMU_3	DMU_4	DMU_5	DMU_6	DMU_7	DMU_8	DMU_9	DMU_10	DMU_11	DMU_12
63	INPUT_1	20	15,5172	16,5517	20,3478	15,5652	25,6522	24,8696	20,5217	30	28,2609	36,9565	31,7591
64	INPUT_2	151	126,207	134,621	163,409	119,539	206,391	199,722	161,113	244	226,957	288,674	251,043
65	OUTPUT_1	100	150	160	180	94	230	220	152	290	250	262	250
66	OUTPUT_2	90	51,7241	55,1724	72	66	90	88	80	100	100	147	120
67													
68	Análise de Benchmark												
69	DMU(s) Benchmark												
70	DMU_1:	EFICIENTE											
71	DMU_2:	DMU_9											
72	DMU_3:	DMU_9											
73	DMU_4:	DMU_1											
74	DMU_5:	DMU_1											
75	DMU_6:	DMU_1											
76	DMU_7:	DMU_1											
77	DMU_8:	DMU_1											
78	DMU_9:	DMU_9											
79	DMU_10:	DMU_9											
80	DMU_11:	DMU_9											
81	DMU_12:	DMU_1											
82													

Figura 6: Resultados CCR - Dual

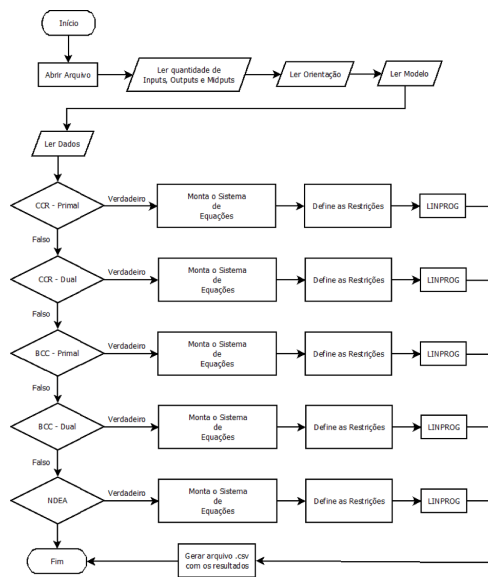


Figura 7: Fluxograma

Foi adotado o padrão UML (Unified Modeling Language), uma linguagem bastante utilizada como forma de representar o sistema de maneira padronizada. O UML consiste de vários diagramas que permitem a modelagem do sistema antes de iniciar a parte de programação. Para este projeto foi utilizado o diagrama de Casos de Uso que pode ser observado na Figura 8. O diagrama descreve as principais funcionalidades do sistema, como por exemplo a funcionalidade de cadastrar projeto. Uma funcionalidade pode incluir (include) ou estender (extend) alguma outra. Nos casos em que uma funcionalidade A só pode ser executada quando uma funcionalidade B também é executada, dizemos que A inclui B; um exemplo seria a funcionalidade cadastrar novo projeto que inclui realizar login, ou seja, para que se possa cadastrar um novo projeto é necessário que o usuário tenha efetuado o login previamente. Uma funcionalidade pode também estender outra, quando ao executar uma funcionalidade A temos a opção de executar ou não a funcionalidade B, como exemplo temos a funcionalidade processar resultados que estende baixar resultados, ou seja,



uma vez que os dados foram processados o usuário pode ou não realizar o download.

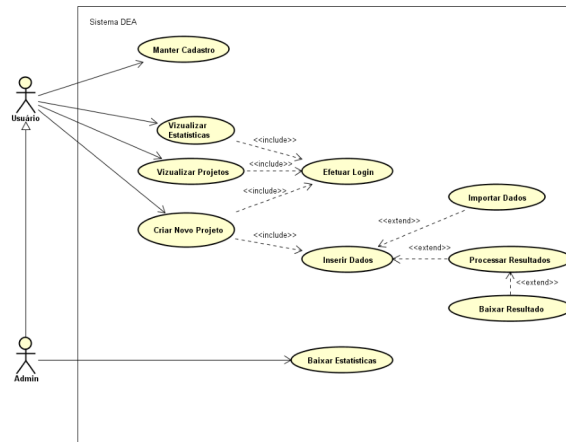


Figura 8: Diagrama de Casos de Uso

Uma vez que a ideia inicial do que seria o sistema ganhou forma, foi possível então fazer a modelagem de como seria o banco de dados adotado neste projeto. O PostgreSQL foi adotado como SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados), e o pgAdmin foi o software utilizado para a administração do SGBD.

O banco de dados que vem sendo usado pra essa aplicação consiste de duas tabelas, uma que armazena os dados dos usuários, como nome, e-mail, login, senha, entre outros, e outra que armazena os dados dos projetos, como título, descrição, modelo, entre outros. A tabela de usuários está relacionada diretamente com a de projetos, é uma relação 1 pra N, uma vez que cada usuário pode ter vários projetos. É possível visualizar a modelagem do banco de dados na Figura 9.

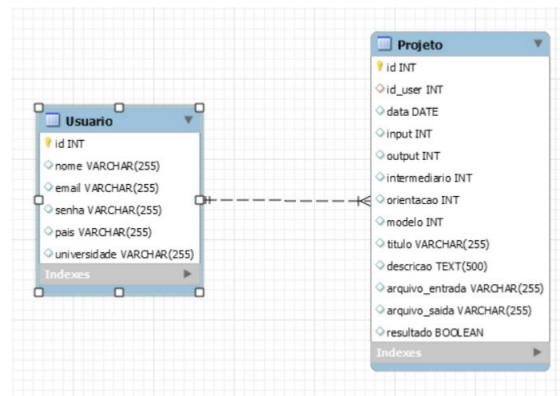


Figura 9: Modelagem Banco de Dados

Depois do banco de dados modelado e o sistema bem definido, foi possível iniciar o desenvolvimento prático da aplicação. A linguagem adotada como base do projeto foi o JAVA, o servidor de aplicações o Apache Tomcat 7. Optou-se também por adotar o padrão de arquitetura de software Model-view-controller (MVC), que separa a aplicação em três camadas, a camada de visão (view) em que temos a inserção com o usuário ou seja faz apenas a exibição dos dados, a camada modelo (model) em que é feita a manipulação dos dados e por fim a camada de controle (controller) que é responsável por receber as requisições do usuário (ver Figura 10).

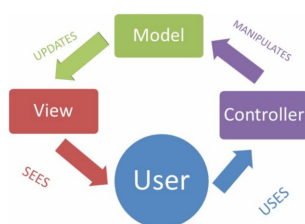


Figura 10: Padrão MVC

## 5. Resultados

O resultado obtido foi uma primeira versão do site, que pode ser acessado através do endereço [www.simdea.com.br](http://www.simdea.com.br), em que o usuário poderá rodar algumas das aplicações já disponíveis, como CCR e BCC, após realizar alguns procedimentos necessários para a autenticação no website.

Como parte principal do projeto, foi desenvolvido a tela de Login, onde o usuário poderá se cadastrar no website e então utilizar todas as ferramentas disponíveis. Como pré-requisito, inicial, o usuário deve informar no momento do cadastro alguns dados: nome, país, universidade, email e senha.

Esses são os dados que foram julgados necessários para realizar o cadastro.

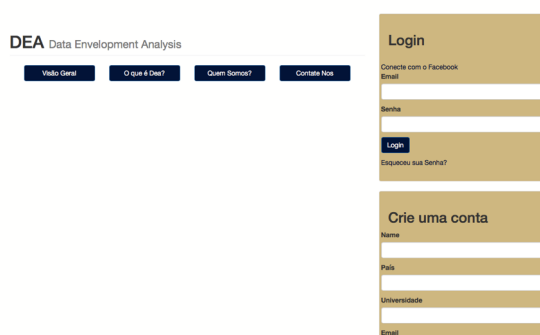


Figura 11: Tela de Login e Cadastro

Na página de login, o usuário já tem acesso a quatro informações antes de realizar o login e/ou cadastro no website: visão geral do website, o que é DEA, quem é a equipe, e contato com os desenvolvedores.

Com essas opções, o usuário poderá sanar qualquer dúvida a respeito do propósito do website, quem é a equipe por trás de todo o desenvolvimento e ainda entrar em contato para esclarecer quaisquer dúvidas.

Uma vez que o usuário realiza seu cadastro no website e efetua o login, ele é redirecionado para a página principal, onde encontrará as seguintes opções: tutorial do website, gerar resultado de um novo projeto, visualizar resultados de projetos anteriores, alterar a senha, realizar logout, saber mais sobre a equipe e entrar em contato.

As Figuras 12 e 13 apresentam as páginas para criar um novo projeto e visualizar resultados, onde o usuário poderá fazer download do arquivo em CVS. Vale salientar que o website ainda está em desenvolvimento e pode sofrer quaisquer alterações.



Figura 12: Tela para Cadastrar um Novo Projeto

Título	Descrição	Data	Inputs	Outputs	Intermediários	Modelo	Status
NDEA	Modelo NDEA		2	2	2	NDEA	Download
CCR	Modelo CCR-Primal		2	2	2	CCR - Primal	Processando
BCC	Modelo BCC Dual	2017-05-03	3	4	5	BCC - Dual	Download

Figura 13: Tela para Visualizar os Projetos

## 6. Conclusão

Neste artigo foram apresentados conceitos sobre os software em DEA e suas diferentes características, assim como todo o desenvolvimento do algoritmo para configurar o SIMDEA. O SIMDEA auxilia nas implementações dos modelos DEA nos projetos de pesquisa de interessados na área de uma forma confiável e acessível, facilitando e otimizando os resultados por ser um software gratuito e sem limitações de DMUs, além de ser aberto para o público em geral solicitando apenas um cadastro. Além disso, o SIMDEA contempla uma inovação trazendo a implementação, além dos modelos clássicos CCR e BCC, do modelo NDEA ainda não disponibilizado nos demais softwares.

### Referências

- BANKER, R. D., CHARNES, A., e COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9):1078–1092.
- BARR, R. S. (2004). Dea software tools and technology: A state-of-the-art survey. *International Series in Operations Research Management Science*, 1:539–566.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., e RHODES, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 1:429–444.
- EMROUZNEJAD, A. e THANASSOULIS, E. (2015). *Introduction to Performance Improvement Management Software (PIM-DEA)*, in Osman et al. (Eds.) *Handbook of Research on Strategic Performance Management and Measurement Using Data Envelopment Analysis*. IGI Global.
- KAO, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European Journal of Operational Research*, 192:949–962.
- LIU, J. S., LU, L. Y., LU, W., e LIN, B. J. (2013). A survey of dea applications. *Omega*, 41: 893–902.
- WILSON, P. F. (2008). A software package for frontier efficiency analysis with r. *Socio-economic planning sciences*, 42:247–254.