

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E**  
**SISTEMAS - PECS**

**SCASE: APLICATIVO *WEB* PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE**  
**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL BASEADA NA EMERGIA**

Wellington Luis Mineiro França

Orientador: Prof. Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio

São Luís – Maranhão

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E**  
**SISTEMAS - PECS**

**SCASE: APLICATIVO *WEB* PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE**  
**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL BASEADA NA EMERGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação e Sistemas da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Computação e Sistemas.

Wellington Luis Mineiro França

Orientador: Prof. Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio

São Luís – Maranhão  
2013

França, Wellington Luis Mineiro.

Scase: aplicativo web para cálculo e análise de sustentabilidade ambiental baseada na emergia / Wellington Luis Mineiro França.– São Luís, 2013.

114 f

Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Computação e Sistemas, Universidade Estadual do Maranhão, 2013.

Orientador: Prof. Fernando Jorge Cutrim Demétrio

1.Internet. 2.Sustentabilidade. 3.Desenvolvimento sustentável. I.Título

CDU: 004.738.5:502.131.1

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio**  
**Orientador - PECS/UEMA**

---

**Prof. Msc Henrique Mariano Costa Amaral**  
**Membro – PECS/UEMA**

---

**Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio**  
**Membro – UEMA**

Dedico este trabalho às maravilhosas pessoas de minha família que já se foram: Antônio Malaquias Mineiro, Maria José Mineiro e Maria do Nascimento França.

*in memoriam*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e por todas as conquistas.

Aos meus pais, Luciano e Mariana, pelos princípios que nortearam minha educação, incentivo e apoio nesta jornada e em todos os momentos.

Às minhas doces Lena, Gabi e Pamella, que tantos momentos felizes tem me proporcionado ao longo dos anos.

Ao professor Fernando Jorge Cutrim Demétrio, pela orientação recebida, conhecimento transmitido e inquietações compartilhadas.

Ao professor e coordenador do curso Henrique Mariano Costa Amaral, pela incansável determinação em possibilitar à UEMA oferecer o Mestrado em Engenharia de Computação e Sistemas.

Ao Chefe do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no Maranhão, Marcelo Virgínio de Melo, em especial, pela atitude, apoio à frequência no curso e gestão à frente do Órgão pautada no incentivo à qualificação profissional dos servidores como busca permanente pela excelência do trabalho desenvolvido na Instituição.

Aos valerosos companheiros da Supervisão de Serviços de Informática do IBGE/MA, Diego Souza Gomes e Erich Farias Monteiro, pela paciência, resignação e profissionalismo com que conduziram os trabalhos nas minhas ausências.

Aos demais companheiros de trabalho do IBGE/MA, em especial aos membros da Direção, Sergio Motta, Demiurgo Trinta e Gustavo Pereira, pela inestimável compreensão das ausências e paciência nos momentos em que a devida atenção não foi dispensada às solicitações de suporte.

Aos membros da banca examinadora, por dedicarem seu tempo a analisar este trabalho e pelas sugestões de melhorias.

*“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve.”*

*Victor Hugo*

## RESUMO

Este trabalho apresenta o *software* SCASE, um aplicativo *web* no modelo cliente/servidor de quatro camadas para cálculo e análise em emergia dos índices de sustentabilidade ambiental de um sistema regional qualquer segundo a metodologia proposta por Sweeney *et al.* (2009). Na primeira camada construiu-se um banco de dados MySQL. Na camada lógica, os algoritmos das regras de negócio foram implementados por meio da linguagem de programação PHP no *server side* e das tecnologias *Javascript*, *jQuery* e *Ajax* no *client side*. Na camada de apresentação, os algoritmos de exibição dos resultados em gráficos e tabelas foram codificados. Os navegadores *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Ópera* e *Safari* foram usados para testes na camada cliente. O aplicativo recebe os dados de recursos primários como entrada, calcula os fluxos e indicadores em emergia, grava, simula, consulta e compara análises. Testes de eficiência e performance foram realizados comparando-se os valores da análise em emergia do Brasil no ano 2007 encontrados em Demétrio (2011) com os valores apresentados pelo *software* para os mesmos dados de entrada, obtendo-se os mesmos resultados.

*Palavras-chave:* emergia, aplicativo *web*, sistema regional, sustentabilidade, desenvolvimento sustentável

## ABSTRACT

This work presents the software SCASE, a web application in client/server model of four layers, for calculation and analysis in energy of the indices of environmental sustainability of a any regional system, according to the methodology proposed by Sweeney *et al.* (2009). In the first layer built up a MySQL database. In logic layer implemented the algorithms of business rules through the programming language PHP in server side and technologies Javascript, jQuery and Ajax at the client side. In the presentation layer was implemented algorithms to view the results in graphs and tables. The browsers Mozilla Firefox, Google Chrome, Safari and Opera were used for tests on the client layer. The application receives data from primary resources as input, calculates flows and indicators in energy, save, simulates, query and compares analysis. Efficiency and performance tests were conducted by comparing the values of analysis in energy from Brazil year 2007 found in Demetrius (2011) with the values provided by the software for the same input data, obtaining the same results.

*Keywords:* energy, web application, regional system, sustainability, sustainable development

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 01: Modelo de aplicativo <i>web</i> cliente/servidor de 04 camadas.....   | 39 |
| Figura 02: Estilização com CSS.....  | 45 |
| Figura 03: Indicadores calculados pelo aplicativo.....   | 53 |
| Figura 04: Modelagem conceitual do banco de dados da aplicação através do <i>DBDesigner</i> .....                              | 54 |
| Figura 05: Estrutura de diretórios do aplicativo SCASE.....  | 60 |
| Figura 06: <i>Script</i> PHP de conexão ao banco de dados.....   | 61 |
| Figura 07: Cálculo da energia para o fluxo anual da Energia Solar.....   | 61 |
| Figura 08: Mecanismo <i>Ajax</i> de validação, serialização e envio de dados.....  | 63 |
| Figura 09: Código das regras de negócio relativas à entrada de dados, cálculo dos fluxos, indicadores e <i>Emdolares</i> ..... | 66 |
| Figura 10: Princípio de funcionamento do aplicativo com a separação entre camadas.....   | 67 |
| Figura 11: <i>Script</i> PHP com chamada ao arquivo de consulta aos valores da tabela Resumo de Fluxos.....                    | 68 |
| Figura 12: Instrução SQL representando a regra de negócio de geração da tabela.....  | 69 |
| Figura 13: <i>Script</i> PHP de geração do gráfico comparativo entre o ESI e seus valores de referência.....                   | 69 |
| Figura 14: <i>Script</i> de recuperação do código de uma análise e envio ao arquivo consulta.php.....                          | 70 |
| Figura 15: Mecanismo <i>Ajax</i> de validação dos <i>checkbox</i> e chamada ao arquivo cstgraf.php.....                        | 71 |
| Figura 16: Recuperação de indicadores e chamadas às funções geradoras dos gráficos comparativos.....                           | 72 |
| Figura 17: <i>Home page</i> do aplicativo.....   | 73 |
| Figura 18: <i>Script</i> de recuperação de dados de usuário e armazenamento com senha criptografada.....                       | 75 |
| Figura 19: <i>Script</i> de recuperação de dados de SR e armazenamento no banco..  | 76 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 20: Grupos de recursos e respectivos códigos.....  | 76 |
| Figura 21: <i>Script</i> de recuperação de grupos e armazenamento no banco.....                                     | 77 |
| Figura 22: Classificação de grupos e recursos com respectivos códigos.....  | 78 |
| Figura 23: <i>Script</i> de recuperação de recursos e armazenamento no banco.....                                   | 78 |
| Figura 24: Classificação dos grupos, recursos e insumos utilizados na metodologia.....                              | 80 |
| Figura 25: Leitura e gravação dos insumos na tabela do banco.....   | 81 |
| Figura 26: Formulário de entrada de dados.....  | 82 |
| Figura 27a: Replicação dos dados compartilhados.....  | 83 |
| Figura 27b: Validação da entrada de dados: formato numérico.....  | 83 |
| Figura 28: Painel de consultas e comparações.....   | 84 |
| Figura 29: Tabela Resumo de Fluxos gerada pelo aplicativo.....  | 85 |
| Figura 30: <i>Script</i> PHP com SQL de apresentação dos indicadores em energia de um SR.....                       | 85 |
| Figura 31a: Tabela Indicadores em Emergia.....  | 86 |
| Figura 31b: Tabela Outros Indicadores.....  | 86 |
| Figura 32: <i>Script</i> PHP com funções <i>pChart</i> de geração do gráfico Assinatura Ambiental.....              | 87 |
| Figura 33: Gráfico Assinatura Ambiental.....  | 87 |
| Figura 34: Gráfico comparativo entre o indicador ESI e valores de referência.....                                   | 88 |
| Figura 35: Gráfico comparativo entre o percentual de uso dos recursos renováveis (% R) e o valor de referência..... | 88 |
| Figura 36: Gráfico comparativo entre o indicador EYR e o valor de referência....                                    | 89 |
| Figura 37: Gráfico comparativo entre o indicador ELR e o valor de referência.....                                   | 89 |
| Figura 38: Gráficos comparativos entre os indicadores ESI, EYR, ELR, EIR, IDH, EMR e GDP.....                       | 91 |
| Figura 39: Gráficos apresentando o uso dos recursos R, N e F.....   | 92 |
| Figura 40: Gráficos comparando os indicadores de três sistemas regionais.....                                       | 92 |

**LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 01: Entidade Usuário.....          | 55 |
| Tabela 02: Entidade Grupo.....            | 56 |
| Tabela 03: Entidade Recurso.....          | 56 |
| Tabela 04: Entidade Insumo.....           | 56 |
| Tabela 05: Entidade derivada Rec_Ins..... | 57 |
| Tabela 06: Entidade Projeto.....          | 57 |
| Tabela 07: Entidade Analise.....          | 58 |
| Tabela 08: Entidade Transf.....           | 58 |
| Tabela 09: Entidade Fluxo.....            | 58 |
| Tabela 10: Entidade Indicadores.....      | 59 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ASP – *Active Server Pages*

CAPES – *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*

CASE – *Computer Aided Software Engineering*

CGI – *Common Gateway Interface*

CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*

CSS – *Cascading Style Sheets*

CSS3 – *Cascading Style Sheets v. 3*

CSV – *Comma Separated Values*

DTD – *Document Type Definition*

DHTML – *Dinamic Hipertext Markup Language*

DNPM – *Departamento Nacional de Pedras Minerais*

DOM – *Document Object Model*

EF – *Ecological Footprint*

EIR – *Emergy Investment Ratio*

ELR – *Emergy Loading Ratio*

EMBRAPA – *Empresa Brasileira de Agropecuaria*

EMR – *Emergy Money Ratio*

ESI – *Enviromental Sustainability Index*

EYR – *Emergy Yield Ratio*

GDP – *Gross Domestic Product*

gha – *hectare global*

GPL – *General Public License*

GUI – *Graphic User Interface*

HTML – *Hipertext Markup Language*

IDH – *Índice de Desenvolvimento Humano*

IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

ISAM – *Indexed Sequential Access Method*

JS – *JavaScript*

JSP – *Java Server Pages*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MyISAM – *MySQL Indexed Sequential Access Method*

NPP – *Produtividade Primária Líquida*

NSA – *National Security Agency*

ODBC – *Open Database Connectivity*

PDF – *Portable Document Format*

PHP – *PHP: Hipertext Preprocessor*

PIB – *Produto Interno Bruto*

REN - *Renewability in Emergy*

SCALE – *Lifecycle based Calculator for Emergy*

SCASE – *Sistema para Cálculo e Análise de Sustentabilidade em Emergia*

seJ - *Joule emergia solar*

SGBD – *Sistema Gerenciador de Banco de Dados*

SGML – *Standard Generalized Markup Language*

SHA – *Secure Hash Algorithm*

SIG – *Sistema de Informações Geográficas*

SQL – *Structured Query Language*

SR – *Sistema Regional*

SWERA – *Solar and Wind Energy Resource Assessment*

Tr – *Transformity*

UEV – *Unit Emergy Value*

UNICAMP – *Universidade de Campinas*

URL – *Uniform Resource Locator*

W3C – *World Wide Web Consortium*

XHTML - *Extensible Hipertext Markup Language*

XML – *Extensible Markup Language*

XSTL – *Extensible Stylesheet Language for Transformation*

## LISTA DE SÍMBOLOS

% R – Renovabilidade em energia

U – Energia total do Sistema

N0 – Recursos rurais não renováveis dispersos

N1 – Recursos não renováveis de uso concentrado

R – Recursos renováveis

F – Metais, minerais e combustíveis importados

G – Outros bens importados

S – Serviços importados

Y – Energia do produto ou serviço

E – Energia do produto ou serviço

I – Entradas do meio ambiente

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1.1 Objetivos.....</b>   | <b>20</b> |
| 1.1.1 Geral.....  | 20        |
| 1.1.2 Específicos.....  | 20        |
| <b>1.2 Organização da dissertação.....</b>                                  | <b>20</b> |
| <b>2 ESTADO DA ARTE.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>                                   | <b>24</b> |
| <b>3.1 Modelos de avaliação da sustentabilidade.....</b>                    | <b>24</b> |
| 3.1.1 Pegada Ecológica ( <i>Ecological Footprint</i> ).....                 | 26        |
| 3.1.2 Contabilidade em Energia (EME).....                                   | 29        |
| 3.1.2.1 Indicadores em energia.....   | 34        |
| 3.1.2.2 Assinatura ambiental.....   | 36        |
| <b>3.2 Desenvolvimento na <i>web</i>.....</b>                               | <b>37</b> |
| 3.2.1 Modelo de aplicativo cliente/servidor de 04 camadas.....              | 38        |
| 3.2.2 Tecnologias <i>web open source</i> utilizadas no desenvolvimento..... | 40        |
| 3.2.2.1 MySQL.....  | 40        |
| 3.2.2.2 PHP.....  | 41        |
| 3.2.2.3 XHTML.....  | 43        |
| 3.2.2.4 CSS.....  | 44        |
| 3.2.2.5 <i>JavaScript</i> .....   | 46        |
| 3.2.2.6 O DOM.....  | 47        |
| 3.2.2.7 <i>jQuery</i> .....   | 48        |
| 3.2.2.8 <i>Ajax</i> .....   | 50        |
| <b>3.3 Os algoritmos e as 04 camadas do aplicativo.....</b>                 | <b>51</b> |
| 3.3.1 Considerações iniciais.....   | 51        |
| 3.3.2 Camada de dados.....  | 53        |
| 3.3.2.1 Projeto do banco de dados.....                                      | 54        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.2.1.1 Modelo conceitual.....  | 54        |
| 3.3.2.1.2 Projeto lógico.....   | 55        |
| 3.3.3 Camada lógica.....  | 59        |
| 3.3.3.1 Conexão com o banco de dados.....   | 60        |
| 3.3.3.2 Validação e cálculo dos fluxos e indicadores.....   | 61        |
| 3.3.3.3 Geração dos gráficos e tabelas.....   | 68        |
| 3.3.3.4 Consultas e comparações entre análises.....   | 70        |
| 3.3.4 Camada de apresentação.....   | 72        |
| 3.3.4.1 Entrada de dados.....   | 72        |
| 3.3.4.1.1 Arquivo index.php.....  | 73        |
| 3.3.4.1.2 Arquivo <i>layout</i> .php.....   | 74        |
| 3.3.4.1.3 Arquivo usuários.php.....   | 74        |
| 3.3.4.1.4 Arquivo projetos.php.....   | 75        |
| 3.3.4.1.5 Arquivo grupos.php.....   | 76        |
| 3.3.4.1.6 Arquivo recursos.php.....   | 77        |
| 3.3.4.1.7 Arquivo insumos.php.....  | 79        |
| 3.3.4.1.8 Arquivo dados.php.....  | 81        |
| 3.3.4.2 Exibição de resultados.....   | 83        |
| 3.3.4.2.1 Consulta a uma análise.....   | 84        |
| 3.3.4.2.1 Comparação entre análises.....  | 92        |
| 3.3.5 Camada cliente.....   | 93        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>   | <b>94</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>96</b> |
| <b>6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>  | <b>97</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>98</b> |
| APÊNDICE I - Comparação de valores: Demétrio (2011) x SCASE .....                                   | 96        |
| APÊNDICE II – Artigo: 4 <sup>th</sup> International Workshop Advances in Cleaner<br>Production..... | 117       |
| APÊNDICE III – Poster: 8 <sup>th</sup> Biennial Energy Research Conference.....                     | 126       |

## 1 INTRODUÇÃO

O final do século XX presenciou o crescimento da consciência da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento. O aprofundamento da crise ambiental, juntamente com a reflexão sistemática sobre a influência da sociedade neste processo, conduziu a um novo conceito: o de desenvolvimento sustentável. Este conceito alcançou notável destaque a partir dos anos noventa, tornando-se um dos termos mais utilizados para se definir um novo modelo de desenvolvimento. Entretanto, esta crescente legitimidade do conceito não veio acompanhada de uma discussão crítica consistente a respeito do seu significado efetivo e das ações necessárias para alcançá-lo. Na medida em que não existe razoável consenso a cerca do conceito, observa-se uma distinção considerável nas discussões referentes à avaliação da sustentabilidade (BELLEN, 2003). O escopo dessas discussões também abrange a implementação de ferramentas ou sistemas capazes de mensurar e comunicar o grau de sustentabilidade vinculado ao desenvolvimento econômico de uma região. Nesse contexto, a proposta do presente trabalho é apresentar o *software* SCASE, como sendo uma nova ferramenta computacional de avaliação de sustentabilidade ambiental com base no modelo de análise em energia utilizado por Sweeney *et al.* na avaliação de 139 países (2009), aplicada a uma região qualquer do globo terrestre e utilizando a *Internet* como plataforma de desenvolvimento. Através dessa ferramenta será possível a um usuário avaliar o quanto o desenvolvimento econômico existente em um espaço geográfico, denominado Sistema Regional, afeta o ecossistema ao seu redor. O aplicativo foi desenvolvido no modelo cliente/servidor de 04 camadas com tecnologias *open source*, e permite armazenar o resultado da avaliação em um banco de dados, simular, consultar e comparar duas ou três análises. Os resultados são apresentados em gráficos e tabelas e estão disponíveis a partir da *home page* do *site*, que também permite consulta aos dados previamente cadastrados das análises em energia dos estados e regiões do Brasil para o ano 2007 segundo Demétrio (2011), cuja entrada de dados, cálculo, gravação e comparação dos valores dos fluxos e indicadores serviram como parâmetros de avaliação da eficiência e desempenho do *software*. É importante esclarecer que este trabalho não leva em consideração as discussões a cerca do método, sua eficácia, possíveis deficiências e o nível de aceitação pela comunidade científica e sociedade

de modo geral. A idéia subjacente ao desenvolvimento do aplicativo é, de um lado, oferecer em um ambiente universal como a *internet*, uma ferramenta capaz de realizar a análise de sustentabilidade de uma determinada região do planeta com base na energia, e de outro, disponibilizar ao público os dados resultantes dessas análises em um meio cujo acesso não exige maiores restrições de tempo e espaço.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

O objetivo deste trabalho é apresentar o aplicativo *web* SCASE, como uma ferramenta computacional de apoio ao cálculo e análise do nível de sustentabilidade ambiental de uma região qualquer denominada Sistema Regional, desenvolvido com tecnologias *web* de código aberto e segundo o modelo de análise em emergia proposto por Sweeney *et al.* (2009).

### 1.1.2 Específicos

- Armazenar permanentemente os resultados da análise em um banco de dados;
- Realizar apenas uma simulação opcionalmente à gravação no banco;
- Permitir a comparação entre indicadores de duas, três análises de um mesmo Sistema Regional ou de Sistemas Regionais diferentes;
- Disponibilizar os dados das análises em um meio de fácil acesso por parte do usuário, em especial, os dados das análises dos estados brasileiros no ano 2007 segundo Demétrio (2011);
- Testar a eficiência do *software* comparando os resultados do trabalho de Demétrio (2011) com os resultados fornecidos pelo aplicativo;
- Testar a eficácia das tecnologias *open source* como ferramentas de desenvolvimento de uma aplicação *web* capaz de oferecer parâmetros para uma análise de sustentabilidade ambiental.

## 1.2 Organização da dissertação

Este trabalho está organizado em 06 capítulos. O capítulo inicial apresenta as justificativas e a proposta do trabalho com os seus objetivos geral e específicos, além de como a dissertação está organizada.

No segundo capítulo apresentam-se os trabalhos mais recentes desenvolvidos na área, não obstante a dificuldade em encontrar material relacionado com o tema.

O terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados. Faz-se uma revisão da literatura sobre os dois métodos mais conhecidos de análise de sustentabilidade ambiental: a Pegada Ecológica e a Contabilidade em Energia, com ênfase neste último já que será o método explorado pelo *software*. Comenta-se a cerca das principais características das tecnologias de código aberto utilizadas na implementação. Descrevem-se, detalhadamente, as etapas e a implementação dos algoritmos de construção de cada uma das quatro camadas que formam o aplicativo.

O quarto capítulo faz referência aos resultados dos testes de eficiência e performance realizados com o *software* e discutem-se os aspectos positivos e negativos do desenvolvimento.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões a cerca do trabalho.

No sexto capítulo encontram-se algumas propostas para o desenvolvimento de funcionalidades que venham a aprimorar a expansão, usabilidade, eficiência e desempenho da aplicação.

## 2 O ESTADO DA ARTE

Uma exaustiva busca por meio de ferramentas *on line* de pesquisa a artigos e outras publicações científicas, a exemplo do *website* da CAPES e aplicativo SCOPUS, não foi capaz de retornar minimamente informações a cerca do desenvolvimento e uso de aplicações na *internet* voltadas para a análise da sustentabilidade ambiental com base na emergia. No entanto, pode-se citar alguns trabalhos correlatos que fornecem uma idéia aproximada do que tem sido desenvolvido a cerca do tema. Num dos mais recentes desses trabalhos, Vance *et al.* (2013) propuseram uma metodologia apoiada no *software* desenvolvido em Java *P-graph*, capaz de projetar cadeias de suprimentos sustentáveis para fornecimento de energia térmica e elétrica para uma região agrícola com área de terra limitada, onde os resíduos agrícolas podem ser recuperados como recursos renováveis e utilizados como fontes de calor e eletricidade. Além do gás natural, os resíduos do milho, silagem do milho, silagem do capim, madeira e outras combinações desses resíduos podem ser usados como fonte. Cada cadeia de suprimentos foi classificada de acordo com o custo, e avaliou os impactos ambientais utilizando a pegada ecológica (representando o ônus do uso da terra) e a emergia (representando a carga de recursos da energia). Para as cadeias viáveis projetadas pelo *software*, o perfil de sustentabilidade encontrado variou de 8 a -78% para a Pegada Ecológica, e de -54% a -93% para a Emergia.

Marvuglia *et al.* (2012), apresentaram o *software* SCALE (*Lifecycle baSed CALculator for Emery*) para cálculo de emergia com base em inventários de ciclos de vida, que também é uma metodologia de análise ambiental. O *software* explora um algoritmo *ad hoc* por meio de regras da álgebra de emergia, o que exige a introdução de uma matriz descrevendo um determinado sistema de processos interligados. Esses processos indicam a quantidade de gás natural e de recursos utilizados pelo produto final e seus processos tecnológicos interligados. A partir da matriz, o algoritmo executa uma pesquisa em toda a rede gráfica correspondente e registra a emergia de saída associada a cada um dos caminhos percorridos, ligando os nós de entrada na rede (as fontes de emergia) aos nós de saída (os produtos analisados). O algoritmo foi especificamente concebido para trabalhar com dados em forma de matriz de qualquer inventário de ciclo de vida disponível. Dois estudos

de caso foram apresentados para ilustrar os recursos do *software*: na geração de calor a partir de bagaço e na produção de água potável.

Kamyia em sua dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Campinas/SP (2005), propôs um aplicativo *web* que utilizava a análise em emergia para fornecer indicadores ambientais e econômicos capazes de auxiliar no diagnóstico de sistemas agrícolas. Além dos índices em emergia fornecidos pela análise, o aplicativo também calculava a rentabilidade econômica, com e sem externalidades negativas. No desenvolvimento foi utilizada a linguagem de programação Java. A arquitetura do aplicativo baseou-se em um modelo de três camadas, sendo que na camada de dados atuou o banco de dados MySQL; a camada de negócios era constituída de um servidor *web* executando *servlets* Java e a camada de apresentação era formada por um *applet* Java acoplado a uma página *web*. Um estudo de caso utilizando dados do trabalho de Agostinho (2005) foi realizado para a avaliação do aplicativo proposto, obtendo resultados semelhantes quando comparados. O autor sugeriu a modelagem conceitual do aplicativo através de metodologias de análise e projeto orientados ao objeto como forma de aumentar a complexidade e a qualidade do *software*.

Takahashi, também em seu trabalho de conclusão de mestrado na UNICAMP (2007), apresentou o desenvolvimento de ferramentas computacionais para a realização da avaliação em emergia de sistemas agrícolas utilizando as tecnologias XML, XSLT, Java, JSP, *Struts* e o banco de dados MySQL. O trabalho foi dividido em 03 etapas: na primeira foram desenvolvidos os documentos XML para representar os sistemas de agricultura química da Flórida e do Brasil. Um arquivo XSLT foi criado para processar e calcular o fluxo de emergia para cada recurso e visualizar os resultados utilizando o navegador Internet Explorer. Na segunda etapa um aplicativo Java foi desenvolvido para abrir e modificar os campos encontrados nos arquivos XML. Na terceira etapa foram desenvolvidas páginas *web* dinâmicas utilizando as tecnologias JSP e *Struts*.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Modelos de avaliação de sustentabilidade

A classificação de uma sociedade sustentável tem sido amplamente definida através dos critérios “forte” ou “fraca” (PEREIRA, 2005). Enquanto ambos buscam assegurar o melhor futuro possível em termos de bem-estar humano, a sustentabilidade forte constrói a suposição de que o capital natural é insubstituível e, portanto, essencial, defendendo a manutenção do capital natural independente do desenvolvimento do capital humano. Por sua vez, o conceito de sustentabilidade fraca considera que os capitais naturais e manufaturados são substitutos equivalentes, isto é, assume que o bem-estar humano é alcançado se o valor de todos ativos combinados forem preservados ao invés de atribuir prioridade à manutenção do capital natural, já que a tecnologia poderia substituir os serviços ecológicos perdidos (PEREIRA *apud* PEARCE *et al.*, 2005). No entanto, essa tecnologia pode trazer efeitos positivos ou negativos: tecnologias que aumentam a produtividade do recurso podem reduzir a pressão sobre os estoques de capital natural, enquanto que tecnologias que aumentam a produtividade de capital manufaturado e trabalho freqüentemente necessitam do processamento de um maior fluxo de recursos e, portanto, tendem a reduzir a produtividade do recurso. Historicamente, o progresso tecnológico tem favorecido a produtividade de capital e trabalho ao custo da produtividade do recurso. O desenvolvimento sustentável leva a uma direção oposta a esse tipo de progresso técnico: um progresso que consiga mais serviços por unidade de recurso, em vez de um que apenas utilize mais recursos para operacionalizar o sistema (PEREIRA *apud* DALY, 2005).

Para Costanza e Patten (1995), um sistema sustentável é “aquele que sobrevive ou permanece”. Mas esse sistema só pode ser considerado sustentável após um determinado tempo de observação em que as previsões se confirmem e se mantenham. Normalmente existe muita incerteza em estimar taxas de renovabilidade natural dos recursos de um sistema, e à medida que o conceito de desenvolvimento sustentável torna-se cada vez mais incorporado pelas instituições faz-se necessário avaliar o desempenho das economias com base em novos

indicadores e não apenas através de estudos a cerca de indicadores como o PIB (Produto Interno Bruto). Para aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável a um sistema é fundamental o estabelecimento desses indicadores, assim como de objetivos e metas que possam fornecer a medida do desempenho de um país ou região em matéria de sustentabilidade. Desta forma, indicadores são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo especialmente úteis para refletir sobre determinadas condições dos sistemas em análise. Conceitualmente, indicadores desempenham três papéis importantes nas avaliações de sustentabilidade: primeiro, eles auxiliam a descrever as condições de sistemas complexos e interdependentes; segundo, dependendo dos mecanismos de realimentação, os indicadores facilitam a avaliação de desempenho de várias formas de administração e políticas implementadas para atingir a sustentabilidade, e, terceiro, eles alertam os usuários para mudanças nos sistemas sociais, culturais, econômicos e ambientais (PEREIRA, 2008 *apud* McCOOL e STANKEY, 2005). Essas três funções são fundamentais para se entender sua seleção e uso.

Uma vez que os indicadores são utilizados para mensurar as condições atuais - quantidade ou magnitude de algo - e, conseqüentemente, o desempenho de um sistema, eles fornecem a linguagem comum para descrever um sistema particular, o que é necessário para a comunicação efetiva e clara sobre uma análise. Pereira (2008) *apud* Bossel (2005) afirma que “aprender a lidar com um sistema complexo significa aprender a reconhecer um conjunto específico de indicadores e interpretar o que os resultados significam para a saúde ou a viabilidade do sistema”. Além disso, indicadores fornecem uma medida da efetividade das ações e políticas através das quais busca-se atingir um estado sustentável. Tais indicadores não se propõem somente a descrever um sistema, mas sim em revelar a resposta a um dado tratamento ou intervenção em relação a um objetivo específico. Por exemplo, se o objetivo é conservar o estoque de capital natural, buscam-se indicadores que possam avaliar mudanças nesses estoques como conseqüência de uma ação. Assim, para cumprir essa função, os indicadores devem ter a habilidade de medir as relações de causa e efeito. Além de quantificar a magnitude de um estoque, um indicador deve também ser capaz de medir a taxa de mudança nesse estoque (PEREIRA, 2008 *apud* BOSSEL, 2005). Essa medida é especialmente útil para se

entender a dinâmica dos sistemas. Portanto, para entender e administrar sistemas complexos, a exemplo dos sistemas ecológicos e econômicos, torna-se necessária uma forma de medir o desempenho geral desses sistemas. Duas das mais importantes ferramentas utilizadas para esse propósito e que vem conquistando espaço dentro da comunidade científica e autoridades governamentais são a Pegada Ecológica e a Contabilidade em Emergia.

### 3.1.1 Pegada Ecológica

Este modelo é largamente empregado como instrumento de mensuração do impacto da atividade humana sobre o meio ambiente e tem sido sugerido como um método que pode mostrar uma avaliação de sustentabilidade de forma objetiva, agregada, não tendenciosa e com indicadores unidimensionais (PEREIRA, 2008 *apud* WACKERNAGEL e REES, 1996).

A metodologia tem foco centrado na idéia básica de que cada indivíduo, processo, atividade e região têm um impacto no planeta, através do uso de recursos e serviços fornecidos pela natureza e geração de resíduos. Esses impactos podem ser convertidos em áreas biologicamente produtivas. Dessa forma, a pegada mostra a extensão em que a humanidade se apropria da produtividade da natureza, isto é, a pegada ecológica é uma medida do impacto da população expressa em termos de área apropriada. O poder do método está no fato de que toda a exploração humana dos recursos e do meio ambiente é reduzida a uma única dimensão, áreas de terra e água para seu suporte (PEREIRA, 2008).

A unidade de medida da pegada ecológica é o “hectare global” (gha). Esta unidade corresponde a um hectare de espaço biologicamente produtivo com “produtividade média mundial”. Esse componente espacial faz da Pegada Ecológica uma poderosa ferramenta pedagógica e comunicativa dos efeitos do consumo de recursos aos usuários finais (PEREIRA, 2008 *apud* CONSTANZA, 2000), conseqüentemente, uma medida de fácil entendimento e interpretação da sustentabilidade de um ecossistema (PEREIRA, 2008 *apud* SICHE *et al.*, 2007). No hectare global a produtividade não se refere a uma taxa de produção de biomassa,

tal como a Produtividade Primária Líquida (NPP) que descreve a habilidade inerente de suportar a produção agrícola, e conseqüentemente populações humanas. A produtividade, nesse caso, é o potencial de alcançar a produção agrícola máxima num nível específico de entradas.

A finalidade de se utilizar os hectares globais na *Ecological Footprint* - EF - é permitir a comparação das duas partes que compõem o cálculo da EF, a Pegada e a Biocapacidade das diferentes regiões, as quais têm qualidades e características distintas para áreas de cultivos, pastagem, florestas e zonas de pesca. O método utiliza dois fatores para converter cada uma das áreas biologicamente produtivas, de hectares (ha) a hectares globais (gha): o fator de equivalência, que representa a produtividade potencial média global de um determinado espaço bioprodutivo em relação à produtividade média global de todas áreas bioprodutivas, e o fator de rendimento, que descreve o quanto uma área bioprodutiva de uma determinada região é mais (ou menos) produtiva do que a média global da mesma área. De acordo com Siche *et al.* (2008), o cálculo da EF para uma determinada região pode ser definido da seguinte forma:

- Pegada = Consumo × Fator de Equivalencia / Rendimento Global, considerando-se as categorias de produtos: terras cultiváveis, florestas e pesca;
- Biocapacidade = Área Bioprodutiva × Fator de Rendimento × Fator de Equivalência para cada categoria.

Finalmente, é possível calcular o Equilíbrio Ecológico da região como sendo a Biocapacidade menos a Pegada Ecológica (Eq. 2)

$$\text{Equilíbrio Ecológico} = \text{Biocapacidade} - \text{Pegada Ecológica} \quad (2)$$

Segundo Siche *et al.* (2008) *apud* Monfreda *et al.* (2004) a pegada superior à biocapacidade total confirma que as demandas excedem a capacidade regenerativa do capital natural. Pode-se citar como exemplo a situação hipotética em

que os produtos de uma floresta foram colhidos duas vezes, então a sua taxa de regeneração natural tem uma Pegada como sendo o dobro do tamanho da floresta. Isso é denominado "*déficit ecológico*" e pode ser compensado de duas maneiras: a) O *déficit* é compensado através de importações, resultando em um "*déficit ecológico comercial*", ou, b) como no exemplo acima, o *déficit* é atendido através do uso excessivo de recursos internos, levando ao esgotamento do capital natural (*overshoot ecológico*).

Pereira (2008) *apud* Zhao *et al.* (2005) comunica que o método da Pegada Ecológica convencional foi modificado a partir da introdução do conceito de energia, resultando na criação de uma nova metodologia denominada Pegada Ecológica Baseada na Energia. Segundo Marvuglia *et al.*, apesar dos esforços empreendidos para a obtenção de um índice que represente adequadamente a sustentabilidade de uma região, ainda não existe um completamente satisfatório. Considerando que todos eles precisam ser melhorados, bons resultados apontam para a possibilidade de se obter um melhor índice de sustentabilidade através da junção dos processos ecológicos Pegada Ecológica com a Análise em Energia. O principal objetivo deste modelo é transformar a demanda humana de recursos naturais e a oferta da natureza em conceitos mais compreensíveis e quantificáveis, uma vez que uma das limitações da metodologia convencional da Pegada é não permitir a avaliação dos suprimentos de energia, pois os cálculos não determinam a área correspondente de consumo dos combustíveis fósseis. Essa nova proposta pode ser resumida da seguinte maneira:

- i) Os dados de consumo podem ser transformados para fluxos em energia;
- ii) A biocapacidade é uma função das fontes renováveis de energia.

Para Pereira (2008) *apud* Zhao *et al.* (2005), a característica mais atraente do método é a unidade comum em joule energia solar (seJ), a qual permite comparar todos os recursos na mesma base. Portanto, uma área baseada na energia pode traçar uma imagem mais realista da Pegada Ecológica.

### 3.1.2 Contabilidade em emergia

A análise em emergia foi formalizada, depois de muitos estudos, como um método de avaliação de um ecossistema sob o ponto de vista da economia biofísica, e configura-se como uma metodologia alternativa ao modelo de pegada ecológica na avaliação do impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente. De acordo com Kamiya (2005), as bases desse método são as obras de Lotka (1925), Bertalanffy (1968), e outros. O objetivo desta metodologia é a obtenção de uma medida termodinâmica da energia utilizada para produzir um recurso. Essa medida foi denominada “emergia” por Odum (1986), cujo termo – escrito com “m” - significa “energia incorporada” ou “memória energética”, isto é, a soma de todos os tipos de energia exigidos na produção de um bem ou serviço. Na definição do autor, a emergia aparece como sendo a disponibilidade de energia de um determinado tipo que é utilizada em transformações diretas ou indiretas para produzir recursos, cuja unidade de medida comum a todos é o *joule* emergia solar equivalente ou seJ.

Kamiya (2005) *apud* Farber *et al.* (2002) relata que os ecologistas e cientistas físicos propuseram a teoria do valor energético (para serviços do ecossistema), baseada no princípio termodinâmico onde a energia solar é considerada a única fonte primária para o ecossistema global. A energia – ou mais corretamente, a energia livre ou disponível – tem características especiais que satisfazem o critério para uma fonte primária: a) energia está em todos os lugares; b) é uma propriedade de todos os produtos produzidos pela economia e sistemas ecológicos; e c) apesar de outros produtos fornecerem fontes alternativas de energia requerida para impulsionar os sistemas, a propriedade essencial da energia não pode ser substituída. Energia disponível é, portanto, o único produto fundamental, e é então o único fator de produção escasso, desta forma satisfazendo o critério para uma teoria baseada na produção que pode explicar os valores de troca.

Na economia convencional, o preço econômico de um produto mede o trabalho humano agregado, porém não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados, nem o custo das externalidades negativas no sistema regional - quando no preço do bem colocado no mercado não estão incluídas as perdas sociais resultantes de sua produção ou consumo (PONCIANO *at*

al, 2008) – ou, de outra forma, as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e pagas pela sociedade local (ORTEGA, 2002). Assim, os analistas biofísicos argumentam que a teoria econômica convencional não contabiliza na sua totalidade nem a significância econômica das mudanças na qualidade dos recursos naturais utilizados na produção nem a importância econômica dos serviços básicos de suporte à vida.

Para Odum (1996), o valor econômico de um bem ou serviço pode ser transformado em energia solar considerando o fato que dinheiro e energia fluem em direções opostas na economia. Fluxos de recursos que não são trocados no mercado, incluindo recursos renováveis da radiação solar, precipitação, vento, onda, e outros, são internalizados na produção econômica e valorados pela energia. Além disso, trabalho, cultura e informação, podem ser contabilizados em termos das contribuições necessárias para serem gerados. Para reconhecer a qualidade e funcionalidade de cada tipo de energia, que depende de trabalho prévio de geração do recurso, definiu-se um fator de conversão chamado de Transformidade ou UEV (Unit Emery Values) conforme denominação de Sweeney *et al.* Segundo Odum (2001) os sistemas da natureza e a humanidade são partes de uma hierarquia de energia universal e estão imersos em uma rede de transformação de energia que une os sistemas pequenos a grandes sistemas e estes a sistemas maiores. A qualidade da energia e sua posição nessa hierarquia de energia universal é medida pela transformidade, ou seja, quanto maior a transformidade de um recurso mais longe da origem ele estará, pois há muito valor agregado embutido nele. A Transformidade é definida por Odum (1988) como sendo “a quantidade de energia de um tipo requerida direta ou indiretamente para gerar uma unidade de energia de outro tipo”. A unidade de transformidade é o *emjoule* solar/Joule (seJ/J) ou, para alguns tipos de produtos e serviços, o fluxo de energia pode ser facilmente transformado em unidade de massa ou volume, chamada de energia específica e expressa em termos de “sej/g” ou “sej/m<sup>3</sup>” respectivamente.

A transformidade de um produto é calculada somando-se todas as entradas de energia do processo e dividindo-se pela energia proveniente do produto. Quanto maior o número de transformações de energia necessárias para a elaboração de um produto ou a execução de um processo, maior será o valor de sua

transformidade. Sendo assim, maior a importância que o recurso pode ter para os ecossistemas e para os seres humanos (COMAR, 1998). A Eq. (2) define a emergência em termos de energia e UEV.

$$\text{Emergia (seJ/J)} = \text{Energia Disponível de um Ítem (J)} \times \text{UEV (seJ)} \quad (2)$$

Para Siche *et al.*, através dos indicadores o método desenvolve uma imagem dinâmica dos fluxos anuais dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos providos pela natureza para a geração de riqueza e o impacto das atividades antrópicas nesses ecossistemas (PEREIRA, 2008). Utilizando-se a emergência solar como grandeza física quantifica-se o valor dos recursos naturais utilizados: chuva, matérias-primas da natureza, água de rios, biodiversidade, e outros - algo que a economia convencional não consegue fazê-lo corretamente - e também o valor dos recursos fornecidos pela economia, principalmente combustíveis fósseis e seus derivados (bens e serviços existentes nas economias industriais). Segundo esses autores, a metodologia de análise em emergência, por essa característica, configura-se como uma excelente ferramenta a ser usada no diagnóstico de sistemas ambientais de larga escala, e consiste fundamentalmente em:

a) Identificar todos os materiais e fluxos de energia que participam dos processos realizados dentro de um sistema e calcular os fluxos de emergência através da transformidade. Assim, Emergia = Energia × UEV;

b) Agregar os fluxos de mesmo tipo. Por exemplo, fluxo de emergência dos recursos renováveis (R) e fluxo de emergência total utilizado no sistema (U). Um dos principais indicadores de sustentabilidade que pode ser calculado com base nesses dois fluxos é a Renovabilidade (% R) (Eq. 2).

$$\text{REN (\% R)} = R / U \quad (2)$$

Calcular:

- A relação energia rendimento (Eq. 3)

$$EYR = U / (F + G + S) \quad (3)$$

onde  $U = N_0 + N_1 + R + F + G + S$  e,

$N_0$  = recursos rurais não renováveis dispersos, a exemplo do solo e floresta;

$N_1$  = recursos de uso concentrado não renováveis – bens de uso industrial e urbano;

$R$  = recursos renováveis;

$F$  = metais, minerais e combustíveis importados;

$G$  = outros bens importados, a exemplo de plástico e borracha;

$S$  = serviços importados.

EYR é um indicador do rendimento de um processo em comparação com outras entradas. Fornece a ideia da quantidade de recursos locais que o processo está fazendo uso (SICHE *et al.*, 2008 *apud* BROWN e ULGIATI, 1997).

- A taxa de carga ambiental (Eq. 4)

$$ELR = (N_0 + N_1 + F + G + S) / R \quad (4)$$

O ELR é uma medida da pressão sobre os sistemas, porque ele avalia o relacionamento entre a energia dos recursos importados (F) somada à dos recursos não renováveis locais (N) e à energia dos renováveis locais (R). Valores altos de ELR significam um grande fluxo de energia devido às atividades humanas, resultando numa elevada "carga" sobre o ecossistema. Este indicador tem sido amplamente utilizado em diferentes avaliações em energia para analisar a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas (Siche *et al.* *apud* Brown e Ulgiati, 2008).

- O índice de sustentabilidade em energia ESI (Eq. 5)

$$ESI = EYR / ELR \quad (5)$$

O ESI é considerado uma medida agregada de rendimento e carga ambiental de um sistema (Siche *et al. apud* Ulgiati e Brown, 2008), porque incorpora dois índices em seu cálculo: EYR e ELR. Este índice agregado assume que para se alcançar a sustentabilidade é necessário buscar a otimização do indicador EmSI, isto é, obter o maior rendimento com a menor carga ambiental possível. Por outro lado, o índice REN também tem sido sugerido como um indicador da pressão sobre o ecossistema, sendo que um valor baixo de REN significa alta pressão sobre o meio ambiente. De modo geral, o REN e o ELR são índices parecidos, com o REN não só fornecendo informações sobre dependência dos recursos renováveis (uma medida de sustentabilidade), mas também indicando a pressão relativa de um processo sobre o ecossistema como uma medida a mais de avaliação da sustentabilidade (SICHE *et al.*, 2008 *apud* BROWN e ULGIATI, 1997). O índice REN é capaz de fornecer tais informações sobre a sustentabilidade com relação ao uso de recursos locais enquanto o ELR pode revelar algo sobre a sustentabilidade do sistema face às atividades humanas. Por exemplo, o ELR poderia fornecer informações sobre a dependência de um sistema local de alguns recursos renováveis e a interação da sociedade com esse sistema. Essa dependência pode se elevar e contribuir para um aumento da carga ambiental e reduzir a integridade do sistema. O REN não é capaz de captar este aspecto. Assim, considerando a sustentabilidade, o REN indica que, no longo prazo, somente processos com alta REN serão sustentáveis. Por sua vez, o ESI é um índice mais complexo, que agrega energia, rendimento e *stress* ambiental. Por isso pretende informar sobre a sustentabilidade tanto econômica quanto ecológica. O ESI informa que é possível atingir o maior equilíbrio de energia com o menor impacto ambiental: quanto maior for este valor, mais uma economia depende de fontes de energia renovável, minimizando as importações e a sobrecarga ambiental (SICHE *et al.*, 2008, *apud* BROWN e ULGIATI, 1997). O aplicativo SCASE apresentado neste trabalho explora essa metodologia.

As repercussões da avaliação ambiental em energia se encontram hoje, principalmente, no campo do planejamento regional, relativamente ao uso da terra,

alocação de percentagens de áreas para determinados cultivos, áreas de preservação e na determinação dos parâmetros para identificar prioridades para o desenvolvimento de agroindústrias numa escala adequada à realidade cultural e sócio-econômica da população local e à capacidade de suporte dos agroecossistemas (KAMIYA, 2005 *apud* COMAR, 1998).

### 3.1.2.1 Indicadores em emergia

A metodologia de análise em emergia apresenta a vantagem de possuir indicadores que são úteis para interpretar a dependência ou não de um sistema quanto aos recursos da economia e da natureza, podendo assim promover um diagnóstico de quais sistemas ou processos são mais sustentáveis do ponto de vista ambiental (ODUM, 1996). O aplicativo *web* desenvolvido lança mão dos indicadores abaixo para calcular e analisar o grau de sustentabilidade existente em uma determinada região do planeta.

i) **Transformidade:** valor que avalia a qualidade do fluxo de energia. A transformidade ( $Tr$ ) é obtida dividindo-se o valor da emergia requerida para obtenção do produto ou serviço ( $Y$ ) pela emergia do produto ou serviço ( $E$ ). A Eq. (3) mostra essa relação.

$$Tr = Y / E \quad (3)$$

ii) **Renovabilidade em Emergia:** é o valor da razão entre a emergia dos recursos renováveis ( $R$ ) utilizados e a emergia total do sistema ( $U$ ) em porcentagem, conforme mostra a Eq. (4).

$$\%R = (R / U) \times 100 \quad (4)$$

iii) **Razão de Rendimento em Emergia** (*Emergy Yield Ratio*): é a razão obtida pela divisão do valor da emergia do produto ou serviço ( $Y$ ) pela emergia das entradas originadas a partir dos recursos econômicos ( $F$ ). Esta proporção indica se o processo pode competir com outros no fornecimento de energia primária para a economia. Segundo Demétrio *apud* Brown e Ulgiati (2011), sistemas regionais com

valores acima de 5 são características de regiões que utilizam fontes de energia primárias. Essa relação pode ser vista na Eq. (5).

$$EYR = Y / F \quad (5)$$

iv) **Razão de Carga Ambiental** (*Energy Loading Ratio*): esta razão indica a quantidade de energia, não renovável ou não disponível localmente, que ingressa em uma economia. Quanto maior o uso de energia renovável por uma economia ou processo produtivo, menor o ELR. Conseqüentemente, economias e processos produtivos que são altamente dependentes de recursos importados tem altos valores de ELR (PEREIRA, 2008). Os valores abaixo de 2 sugerem baixo impacto ambiental (DEMÉTRIO, 2011 *apud* BROWN e ULGIATI, 1997). Portanto, o ELR mostrado na Eq. 6, indica a pressão que um processo coloca nos ecossistemas locais devido à importação da energia e dos materiais que não são nativos, e é assim uma medida geral do *stress* do ecossistema devido à atividade econômica (PEREIRA, 2008).

$$ELR = (N + F) / R \quad (6)$$

v) **Índice de Sustentabilidade Ambiental em Energia** (*Environmental Sustainability Index*): O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (carga ambiental), ou seja: o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de consumo dos recursos ambientais locais (DEMÉTRIO, 2011), conforme pode ser observado a partir da Eq. (7). De acordo com Demétrio (2011) *apud* Brown e Ulgiati (1997) valores de ESI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis no longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia: no médio prazo podem ser caracterizados por um ESI entre 1 e 5 enquanto que produtos e processos com sustentabilidade no longo prazo apresentam ESI maiores que 5.

$$ESI = EYR / ELR \quad (7)$$

iv) **Razão de Investimento em Energia** (*Energy Investment Ratio*) - mede a proporção de energia das entradas do setor econômico (F) em relação às

entradas do meio ambiente (I). Este índice mede quão econômico é o processo ao usar os investimentos da economia em comparação com outras alternativas existentes na região. Se o EIR de um processo apresentar um valor superior a outros processos, ele terá menos chances de subsistir, pois apresenta maiores custos de produção e utiliza menos os recursos gratuitos da natureza (PEREIRA, 2008). Baixos valores de investimento em energia (EIR) reforçam a idéia de que os sistemas regionais analisados possuem baixo desenvolvimento econômico e abundância em recursos naturais (DEMÉTRIO, 2011). A Eq. (8) mostra esse índice.

$$EIR = F / I \quad (8)$$

v) **Razão Energia Dinheiro** (*Emergy Money Ratio*) - A relação energia/dinheiro ou EMR é calculada dividindo-se o somatório de toda energia do sistema regional pelo PIB do ano em questão, de acordo com a Eq. 9. Com esse indicador é possível avaliar e quantificar cada fluxo em energia, assim como a totalidade dos fluxos, na forma monetária, o *Emdólares*. O valor *emdólares* é encontrado por meio da divisão da energia solar (em *seJ*) pela EMR do sistema regional estudado. Através desse indicador, como parâmetro de desenvolvimento de nações, constata-se que quanto mais se desenvolve uma economia e a concentração humana aumenta, mais dinheiro circula para a mesma energia utilizada, diminuindo o valor da EMR (ODUM, 1996). Países rurais possuem EMR mais alta por utilizarem recursos ambientais para o consumo humano sem utilizar recursos da economia. Por outro lado, quanto mais um centro urbano se desenvolve, menor é a EMR (ODUM, 1996). Avaliando a relação que define a EMR e conhecendo os conceitos da metodologia entende-se que os países que possuem menores valores de EMR são os que possuem economia mais desenvolvida (DEMÉTRIO, 2011).

$$EMR = U / PIB \quad (9)$$

### 3.1.2.2 Assinatura ambiental

A assinatura ambiental, do inglês *Environmental Emergy Signature* (ODUM, 1996), é normalmente apresentada sob a forma de um gráfico de barras em

que cada barra representa um fluxo de energia do sistema. Esta é uma das principais estruturas gráficas representativas da análise em energia e é um dos gráficos apresentados como saída pelo aplicativo SCASE.

### **3.2 Desenvolvimento na *web***

De acordo com Battisti (2001), a arquitetura cliente/servidor é um sistema inovador surgido nos anos 90 e muito utilizado no meio corporativo, baseado em três componentes principais: gerenciamento de banco de dados, que funcionam como servidores; redes, que funcionam como meio de transporte de dados e, finalmente, *softwares* para acesso aos dados.

Um aplicativo *web* é basicamente uma aplicação servidora, acessada através de navegadores de internet e que respondem a solicitações de clientes. O desenvolvimento desses aplicativos vem se popularizando cada vez mais com a expansão da internet. Novas arquiteturas para o desenvolvimento de *software* como servidores de aplicação que separam a lógica de programação dos servidores de banco de dados e servidores *web* trazem maior flexibilidade aos aplicativos *web* e tem impulsionado cada vez mais o seu desenvolvimento (KAMYIA, 2005).

Inicialmente, dois paradigmas foram propostos no desenvolvimento desses aplicativos. O primeiro paradigma era do tipo cliente-servidor tradicional em duas camadas apenas. Nesse modelo, toda carga de trabalho estava a cargo do computador cliente, e o servidor simplesmente atuava como um controlador de tráfego entre o cliente e os dados. O segundo paradigma é baseado em uma arquitetura de três camadas. Uma camada para apresentação dos dados, a camada central como camada lógica e a terceira contendo os dados. A razão mais atraente para se colocar a camada do meio entre o cliente e a fonte de dados é que o *software* na camada do meio pode incluir a lógica comercial. A lógica comercial resume as tarefas complicadas de baixo nível (como atualizar as tabelas do banco de dados) nas tarefas de alto nível (colocando uma ordem), tornando a operação inteira mais simples e segura (KAMYIA, 2005 *apud* KURNIAWAN, 2002; HUNTER, CRAWFORD, 2001). Mais tarde, este modelo viria a evoluir para aplicações de 04 e

até mesmo n camadas, caracterizado por uma arquitetura formada por várias camadas lógicas.

### 3.2.1 Modelo de aplicativo cliente/servidor de 04 camadas

As aplicações *web* de 04 camadas surgiram a partir da evolução do modelo de 03 camadas. O princípio desse modelo é retirar a camada de apresentação do cliente e centralizá-la em uma máquina servidora, geralmente denominada servidor *web*. Nesse cenário, o aplicativo cliente deixa de existir como um programa que precisa ser instalado em cada computador da rede. O acesso à aplicação é feito através de navegadores de *internet*, utilizando uma URL (*Uniform Resource Location*) para alcançar a máquina servidora. O acesso do cliente ao banco de dados é feito segundo as regras armazenadas no servidor de aplicações, isto é, o cliente não possui acesso direto ao banco de dados. Este acesso acontece através do servidor de aplicações (BATTISTI, 2001). As quatro camadas do modelo são as seguintes:

- Dados - Nesta camada reside o servidor de banco de dados, representado por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), a exemplo do *MySQL*, *Oracle*, *PostGree*, que irá administrar os dados que serão manipulados pela aplicação;

- Lógica - Esta é a camada seguinte e onde fica armazenado o programa propriamente dito, escrito normalmente em uma linguagem de programação de alto nível, como PHP, ASP, *ColdFusion*, JSP, entre outras, e que codifica as chamadas regras de negócio, ou seja, os algoritmos que determinam de que maneira os dados serão manipulados pelo programa. Essa camada contém várias ações e regras que a aplicação executa sobre os dados e também incorpora os métodos que gerenciam a transferência de dados entre o banco de dados e o cliente e vice-versa (KAMYIA, 2000). Esta camada reside no servidor de aplicações, desta forma, quando uma regra de negócio precisa de alteração, basta atualizá-la no servidor, que automaticamente ficará disponível a todos os usuários, não sendo necessária a reinstalação do aplicativo em cada micro da rede (BATTISTI, 2001). Isto facilita a

manutenção do *software*, uma vez que o código permanece centralizado em uma única máquina;

- Apresentação - Esta camada fica armazenada no servidor *web*. A interface pode ser composta de páginas com código originado a partir das tecnologias XHTML, CSS, *Javascript*, PHP, ASP, jQuery, Ajax, ou qualquer outra tecnologia capaz de gerar conteúdo a ser interpretado pelo navegador. Isto permite que mudanças na *interface* da aplicação sejam feitas diretamente no servidor *web*, e disponibilizadas automaticamente para todos os clientes, eliminando a necessidade de reinstalar a aplicação em todos os computadores da rede a cada vez que uma alteração for feita na *interface* do aplicativo. Assim, assegura-se que todos os clientes sempre estarão acessando a versão mais atualizada do aplicativo. Exige-se apenas a instalação de um *browser* na máquina cliente;

- Cliente - A última camada é a cliente, representada pelos navegadores de internet. Alguns dos *browsers* mais populares encontrados no mercado são: *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Opera*, *Safari*, e outros.

A Fig. 01 apresenta a idéia geral por trás do modelo de quatro camadas. Os servidores de aplicação, *web* e banco de dados não precisam, necessariamente, estar em máquinas separadas, como ilustra a figura. Uma única máquina pode desempenhar o papel dos vários servidores (BATTISTI, 2003). Algo que deve ser considerado nesse tipo de abordagem é o desempenho, que normalmente exige robustez da máquina que irá exercer o papel dos vários servidores, a fim de não degradar a performance da aplicação.

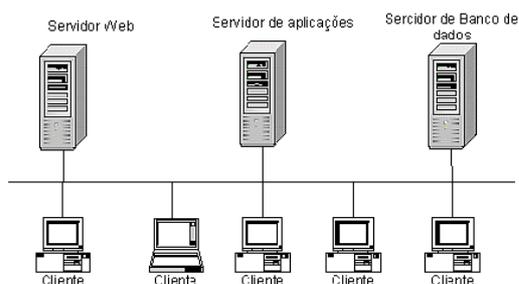


Fig. 01: Modelo de aplicativo *web* cliente/servidor de 04 camadas  
Fonte: Battisti, 2001.

### 3.2.2 Tecnologias *web open source* utilizadas no desenvolvimento

#### 3.2.2.1 MySQL

O MySQL é um servidor e gerenciador de banco de dados (SGBD) relacional, de licença dupla (sendo uma delas de software livre regida pela GNU-GPL). É reconhecido por algumas entidades como o banco de dados *open source* com maior capacidade para concorrer com programas similares de código fechado, tais como SQL Server e Oracle (MILANI, 2007).

A maioria dos sistemas operacionais existentes no mercado suporta a execução do MySQL. Por ser um programa escrito em C e C++, é extremamente fácil a sua portabilidade para diferentes plataformas. Dentre as principais, pode-se destacar:

- Linux (Fedora Core, Debian, SuSE, RedHat);
- Unix (Solaris, HP-UX, AIX, SCO);
- FreeBSD;
- Mac OS X Server;
- Windows.

A versão 5 incorporou funcionalidades como *stored procedures*, *triggers*, visões, cursores, transações distribuídas XA, integridade referencial, replicação, clusterização. Além de armazenar os dados, a ferramenta provê todas as características de multiacesso a estes, como, por exemplo, gerenciamento de acesso, integridade dos dados, concorrência, transações, entre outros (MILANI, 2007). Disponibiliza diversos formatos de tabelas, entre elas, o formato nativo MyISAM desenvolvido a partir do padrão ISAM, e o InnoDB, *engine* utilizado no banco de dados do SCASE.

Atualmente, tem sido o banco de dados open source mais utilizado em aplicações para a internet, pelo fato de essas aplicações demandarem rápido acesso para a geração de páginas HTML, qualquer que seja a linguagem de programação que faça a conexão com o banco (MILANI, 2007).

Sua extensão MySQLi (MySQL *improved*) permite o uso de funções avançadas de segurança e o uso da interface orientada ao objeto. A configuração desta extensão foi efetuada no banco MySQL utilizado.

### 3.2.2.2 PHP

PHP (um acrônimo recursivo para *PHP: Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de *scripts open source* de uso geral, voltada para o desenvolvimento de aplicações *web* e embutida na marcação XHTML. Ao contrário de outras linguagens, o PHP mostra o XHTML de forma enxuta, com poucos comandos. O código PHP é delimitado pelas *tags* inicial e final `<?php` e `?>` respectivamente, e suas variantes, que lhe permitem alternar rapidamente entre o código PHP e a marcação HTML/XHTML em um documento *web* (PHP, 2013).

O código PHP é executado no servidor, que gera o HTML correspondente e envia para o cliente, deixando o código fonte transparente. Pode ser executado de duas formas (PHP, 2013):

- Usando *scripts* no lado servidor – Exige a presença de 03 elementos: o interpretador PHP (como CGI ou módulo), um servidor *web* e um *browser*. Executa-se o servidor *web* conectado a um servidor PHP e o *browser* permite acesso aos resultados;
- Usando *scripts* na linha de comando – A execução de um script PHP acontece sem a presença de um servidor *web* ou *browser*, sendo necessário apenas o interpretador. Esse tipo de uso é ideal para *scripts* executados através do *cron* do Linux ou do agendador de tarefas no Windows. Pode ser usado também para rotinas de processamento de texto.

É uma linguagem multiplataforma, incluindo Linux e suas variantes, Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS, e outros, e permite escolher entre utilizar programação estruturada ou programação orientada a objeto, ou uma fusão de ambas, conforme utilizada neste trabalho. É possível também gerar imagens,

arquivos PDF e animações *flash* criados dinamicamente (utilizando as bibliotecas *libswf* ou *ming*), além de possibilitar a criação de qualquer padrão texto, como XHTML e XML (PHP, 2013).

Pode-se implementar a instanciação de objetos Java e utilizá-los de forma transparente como objetos PHP, e, ainda, utilizar sua extensão CORBA para acessar objetos remotos. Também é extremamente útil em recursos de processamento de texto, do POSIX estendido a expressões regulares *Perl*, ou como interpretador para documentos XML. Outras extensões interessantes, como funções para o *search engine mnogosearch*, vários utilitários de compressão (*gzip*, *bz2*, *zip*), calendário e conversões de datas e tradução também estão disponíveis (PHP, 2013).

Uma das mais significativas características do PHP é o seu suporte a uma ampla variedade de bancos de dados, a exemplo do *Adabas D*, *dBase*, *IBM DB2*, *Informix*, *Ingres*, *FrontBase*, *MySQL*, *Oracle*, *PostgreSQL*, *SQLite*, *Sybase*. Adicionalmente, uma abstração de banco de dados (chamada PDO) permite utilizar qualquer banco de dados independentemente de sua extensão. Também oferece suporte a ODBC, que se conecta a qualquer banco que reconheça esse padrão mundial (PHP, 2013).

Um outro aspecto bastante interessante do PHP é o tratamento de formulários. Basicamente existem 03 métodos: o método *\$\_GET*, que envia o valor de suas variáveis através da URL da página, ou seja, os dados são visíveis ao usuário; um segundo método é o *\$\_POST*, que passa as variáveis codificadas dentro do próprio protocolo HTTP, isto é, apenas o servidor e o *browser* tem acesso; e dispõe ainda do método *\$\_REQUEST*, que encapsula os métodos *\$\_GET* e *\$\_POST*. O método *\$\_POST* foi o adotado no desenvolvimento de praticamente todo o aplicativo SCASE.

O PHP é suportado pela maioria dos servidores *web* atuais, como *Apache*, *Microsoft Internet Information Server*, *Personal Web Server* e pode ser configurado como módulo para um grande número de servidores, e para os outros como um CGI comum.

A biblioteca de código aberto e orientada a objetos *pChart* foi instalada no servidor PHP como ferramenta de construção dos gráficos dinâmicos do aplicativo sobre a base de dados MySQL. O *pChart* permite criar gráficos e imagens a partir de consultas SQL, arquivos CSV, ou manualmente, e possui um conjunto de métodos e propriedades que facilitam a construção desses gráficos.

### 3.2.2.3 XHTML

A linguagem de marcação XHTML (*HyperText Markup Language*), assim como toda linguagem de marcação da *web*, é baseada na SGML (*Standard Generalized Markup Language*), uma metalinguagem complexa, projetada para máquinas, com a finalidade de servir de base para criação de outras linguagens. Uma outra metalinguagem, equivalente ao SGML, mas com simplificações para facilitar seu uso é a XML (*Extensible Markup Language*), uma linguagem de marcação para a definição e comunicação de dados estruturados através de arquivos de texto. Dados estruturados permeiam os sistemas computacionais atuais. Planilhas, parâmetros de configuração, desenhos técnicos, *bookmarks*, transações financeiras são exemplos de dados estruturados produzidos e/ou consumidos por aplicações computacionais. A XML especifica um conjunto de regras e convenções para o projeto de textos que representem tais tipos de dados de forma a facilitar a geração e o entendimento (por computadores), evitar ambiguidades e dependências de plataformas computacionais e facilitar a troca de informações entre computadores. A linguagem XHTML foi criada segundo este conceito e oficialmente especificada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*), principal organismo de padronização da *Web*, sendo projetada e revisada pelos seus membros e tornando-se uma "*Web Standard*". As *tags* e atributos do XHTML foram criadas a partir das *tags* e atributos já conhecidos do HTML 4.01 e suas especificações, resultando em uma marcação de hipertexto "pura, clara e limpa" (MACHADO, 2002). Algumas das especificações XHTML são:

Um documento XHTML deve possuir a declaração

```
<?xml version = "1.0" ?>
```

Esta declaração informa ao navegador que está lidando com um documento XML. Também deve possuir uma declaração DTD, que informa ao navegador sob quais regras o documento foi editado, podendo ser de 03 tipos:

- *Strict* – O documento possui apenas elementos XHTML e respeita todas as suas regras;
- *Transitional* – Possui elementos XHTML, mas pode conter também elementos HTML;
- *Frameset* – Possui elementos XHTML, mas usa a tecnologia de *frames* ou *iframes*.

O aplicativo SCASE foi desenvolvido segundo o DTD *Transitional*.

Algumas outras regras que definem a marcação XHTML, são (MACHADO, 2002):

- Elemento raiz único: `<html></html>`;
- Referência a um *namespace* de XML, exigência em função do XHTML ser parte do vocabulário XML: `<html xmlns = "http://www.w3.org/1999/xhtml">`;
- Código escrito em letras minúsculas, tanto o nome dos elementos quanto dos atributos;
- Elementos com abertura e fechamento. Ex.: `<p>Energia potencial da chuva</p>`
- Elementos vazios fechados. Ex.: `<br/>`
- *Tags* fechadas na ordem inversa de abertura. Ex.: `<p><strong>Assinatura Ambiental</strong></p>`
- Valores de atributos entre aspas. Ex.: `<p id = "fluxos">Fluxos em energia</p>`
- Atributos vazios com nomes duplicados. Ex.: `<input type = "checkbox" name = "consulta" id = "consulta" checked = "checked" />`

#### 3.2.2.4 CSS

As folhas de estilo em cascata (*Cascading Style Sheets* – CSS) são uma tecnologia W3C para especificar a apresentação visual de documentos

HTML/XHTML ou XML. O uso de CSS permite separar o conteúdo da apresentação do documento através da definição de uma folha de estilos que especifica como os elementos da página devem ser exibidos. O uso de CSS por *JavaScript* é particularmente interessante na programação de aplicações do lado cliente, pois o DOM permite que os estilos aplicados aos elementos individuais sejam manipulados. Essa interação entre as duas tecnologias permite uma variedade de efeitos visuais conhecidos genericamente por HTML dinâmico (DHTML) (SILVA, 2013).

Os estilos CSS são especificados como uma lista de pares de atributos de nome/valor separados por ponto e vírgula. O exemplo da Fig. 02 especifica uma estilização de texto em negrito, azul e sublinhado aplicado ao elemento <div> identificado pela classe “recurso” em um documento XHTML.

```
div.recurso {  
    font-weight: bold;  
    color: blue;  
    text-decoration: underline;  
}
```

Fig. 02: Estilização com CSS

A estilização aos elementos pode ser aplicada por meio de 03 técnicas (DEITEL *at al.*, 2003):

- a) *In-line*: declara o formato de um elemento individual utilizando o atributo *style* no corpo da própria marcação;
- b) Folha de estilo incorporada: é uma técnica que permite ao autor da página web incorporar um documento CSS na seção *head* do documento HTML/XHTML;
- c) Folha de estilo externa: são arquivos separados contendo apenas regras CSS e incorporados ao documento HTML/XHTML através de sua seção *head*. Por meio dessa técnica é possível fornecer aparência e comportamento uniforme para um *site* inteiro. Páginas diferentes podem acessar o mesmo arquivo CSS. Isso facilita a manutenção já

que a alteração no arquivo reflete-se em todos os elementos do site que utilizam aquele estilo.

Atualmente, a versão 3 da tecnologia CSS (CSS3) encontra-se em desenvolvimento e suas propriedades ainda não são suportadas em sua totalidade por alguns navegadores, a exemplo do Internet Explorer 9.

No aplicativo desenvolvido, utilizou-se a técnica de folhas de estilo externas, aplicando-se, sempre que necessário, a mesma estilização em elementos localizados em arquivos php diferentes.

#### 3.2.2.5 *JavaScript*

A linguagem de marcação XHTML destina-se a estruturar uma página *web*, enquanto que as CSS se encarregam de adicionar estilos à apresentação visual dos elementos que constituem a página. A XHTML não possui funcionalidades que permitam adicionar interatividade avançada à página, sendo tal tarefa função das linguagens de programação. Um formulário XHTML, por exemplo, não consegue funcionar apenas com o uso de elementos XHTML. A marcação limita-se a criar rótulos e campos para serem preenchidos pelo usuário e nada mais. Não se consegue processar dados, nem mesmo enviá-los ao servidor ou a outra máquina qualquer. Para cumprir essa tarefa, é necessário utilizar um programa que consiga manipular e processar os dados (SILVA, 2010).

Entre as várias linguagens de programação destinadas a essa função em páginas *web*, destacam-se PHP, ASP, Java, *Ruby*, *Phyton* e *ColdFusion*, entre outras. Essas linguagens foram desenvolvidas para rodar no lado do servidor, isto é, dependem de uma máquina remota onde estão hospedadas as funcionalidades capazes de interpretar e executar os programas. Por sua vez, *JavaScript* é uma linguagem desenvolvida para rodar no lado cliente, ou seja, a interpretação e o funcionamento da linguagem dependem de funcionalidades existentes no navegador do usuário. Isso é possível graças a um interpretador *JavaScript* hospedado no navegador (SILVA, 2010).

Com *JavaScript*, pode-se escrever marcação XHTML e inseri-la em um documento existente. Também permite definir, alterar e controlar de forma dinâmica a apresentação de um documento XHTML, como os aspectos relacionados à cor, textos e links, ou mesmo interferir no posicionamento dos elementos. É possível manipular folhas de estilos associadas, criando novas regras ou anulando regras existentes. Através de *JavaScript* é possível acessar campos e valores num formulário XHTML e proceder à validação dos dados, realizar cálculos e fornecer dicas de preenchimento (SILVA, 2010).

O conceito de desenvolvimento em conformidade com os padrões *web* (webstandarts) fizeram surgir dois princípios básicos que devem nortear o uso do *JavaScript* em documentos *web*: programação não obstrutiva e melhoria progressiva. Segundo Silva (2011), escrever *JavaScript* não obstrutivo implica:

- Deixar o conteúdo da página presente e funcional, ainda que se perca em usabilidade, caso o usuário esteja visualizando o documento em um dispositivo sem suporte para *JavaScript*;
- Usar a linguagem com vistas unicamente a incrementar a usabilidade da página;
- Escrever scripts em arquivos externos para serem *linkados* ao documento ao invés de inserir *script* na marcação HTML.

Esses aspectos foram observados no desenvolvimento do SCASE, e essa tecnologia foi usada principalmente nas mensagens direcionadas ao usuário.

### 3.2.2.6 O DOM

O Modelo de Objetos de Documento (DOM, na sigla em inglês) é uma interface de programas aplicativos (API) que representa um documento, e acessa e manipula os seus vários elementos, a exemplo da marcação HTML/XHTML/XML e *strings* de texto. O DOM padrão é definido pelo W3C e vem sendo suportado pela maioria dos navegadores. Ele representa os documentos em uma estrutura de

árvores e define propriedades e métodos para percorrer essa árvore e examinar ou modificar seus nós (FLANAGAN, 2013).

A capacidade de percorrer os nós de uma árvore de documento fornece o poder de localizar elementos específicos na marcação. A programação API DOM permite acessar um elemento particular dentro do documento. Como exemplo, pode-se citar a referência ao elemento `<body>` de um documento HTML com a expressão *JavaScript document.body*. Essa expressão alcança apropriadamente a *tag <body>* da marcação HTML. Programar com o DOM significa escrever código *JavaScript* facilmente interpretado por qualquer navegador que respeite esses padrões.

### 3.2.2.7 *jQuery*

A *jQuery* é uma biblioteca *JavaScript*, desenvolvida em conformidade com os padrões *web* e disponibilizada como *software* livre e aberto, de emprego e uso regido segundo licença e regras estabelecidas pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e GPL (*GNU General Public License*). A *jQuery* permite adicionar interatividade e dinamismo às páginas *web*, proporcionando ao desenvolvedor o uso de funcionalidades necessárias à criação de *scripts* que visem a incrementar, de forma progressiva e não obstrutiva, a usabilidade, acessibilidade e o *design* das páginas. A não obstrutividade da *jQuery* permite que um documento *web* continue usável e funcional caso o usuário opte por não executar os *scripts*, isto é, os elementos dispostos na página continuarão cumprindo suas finalidades quando não sustentados pelo *script* (SILVA, 2010).

Normalmente, usa-se *jQuery* para:

- Adicionar efeitos visuais e animações;
- Acessar e manipular o DOM;
- Buscar informações no servidor sem necessidade de recarregar a página;
- Prover interatividade;
- Alterar conteúdos;
- Modificar apresentação e estilização;

- Simplificar tarefas específicas de *JavaScript*;
- Realizar outras tarefas relacionadas às descritas.

Assim como CSS e *JavaScript core*, pode-se escrever código *jQuery* de 03 formas: *in-line*, incorporado na seção `<head>` e vinculado a arquivos externos. Neste trabalho adotou-se a técnica de arquivos externos nos casos em que o *script* atendia a mais de uma página, caso contrário, foi incorporado.

Uma vez que a biblioteca *jQuery* age diretamente sobre o DOM, uma característica importante a ser observada pelos desenvolvedores, é a exigência de que ele deve estar totalmente carregado antes que qualquer operação possa ser realizada sobre ele. Isto pressupõe uma maneira de determinar quando o cliente, na maioria das vezes um navegador *web*, carregou completamente o DOM, mas sem ter ainda carregado por completo todos os recursos, como imagens e arquivos *swf*. Se o desenvolvedor desejar utilizar o evento *window.onload* do *JavaScript core*, o documento inteiro, incluindo todos os recursos, deve estar completamente carregado antes do evento *onload* ser disparado, implicando em um tempo de carga lento demais para a maioria dos usuários. A *jQuery* consegue contornar essa situação, avisando no momento em que o DOM estiver pronto para ser percorrido e manipulado, através do método *ready()*, que é um manipulador de eventos personalizado tipicamente vinculado ao objeto do documento do DOM (COOKBOOK, 2010). A adoção desse método torna-se estritamente necessária somente se o código *JavaScript* estiver localizado na parte superior da página e encapsulado no elemento `<head>`, já que se pode abdicar do uso dele posicionando o código *JavaScript*, inclusive os códigos *inline*, antes do fechamento do elemento `<body>`. Esta técnica permite que as páginas sejam carregadas mais rapidamente, uma vez que a maioria dos navegadores normalmente pára o processamento de outros elementos até que o *engine* do *JavaScript* tenha compilado o código *JavaScript* contido na página, causando uma espécie de gargalo, visto que você tem o *JavaScript* no topo dessa página. Esse aspecto do desenvolvimento foi observado na codificação dos arquivos que compõem o aplicativo SCASE, com o intuito de diminuir o tempo de carga e conseqüentemente aumentar a performance da aplicação.

### 3.2.2.8 Ajax

O Ajax (*Asynchronous JavaScript And XML*) incorpora uma apresentação baseada em padrões usando XHTML e CSS, interface dinâmica e interativa utilizando o DOM, troca e manipulação de dados usando XML e XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformations*), busca de dados assíncrona utilizando *XMLHttpRequest* e *Javascript* ligando tudo isso. A comunicação entre o *client side* (navegador) e o *server side* (PHP, Java, *Perl*, e outros) sempre foi um problema nas aplicações *web*, pois esta comunicação se estabelece de forma síncrona. Ou seja, a cada solicitação a página inteira é atualizada, mesmo que a atualização seja apenas em uma pequena parte do código. Contudo, algumas estratégias eram usadas para contornar o problema da comunicação, mas elas nunca conseguiram resolver o problema de maneira satisfatória. Os dados eram apenas escondidos e mostrados conforme fossem necessários, dando a falsa impressão de execução assíncrona. O Ajax surgiu como solução para essa assincronicidade entre o cliente e o servidor. Ele garante que o cliente poderá utilizar a aplicação de forma contínua enquanto os dados são enviados ou recebidos em segundo plano. Somente os dados realmente necessários são baixados para a máquina cliente, o que propicia uma interação melhor e mais rápida (CRUZ, 2007).

A principal diferença entre o modelo tradicional de aplicações *web* e o modelo Ajax, é a presença do mecanismo Ajax, responsável pela serialização dos dados (processo de transmitir um objeto através de uma conexão de rede, no formato binário ou no formato de texto, como arquivo XML).

No momento em que o usuário entra em um *site* que utiliza o paradigma Ajax, o tráfego é alto, já que é entregue ao cliente uma infra-estrutura relativamente grande e complexa em lotes. Porém, as comunicações posteriores com o servidor são muito mais eficientes. Além disso, à medida que o tempo de interação com a aplicação aumenta, o consumo de largura de banda é relativamente menor quando comparado a uma aplicação *web* tradicional (CRUZ, 2007).

Este paradigma possui uma grande interatividade, baixo consumo da largura de banda, uma alta portabilidade, além de não ser solução proprietária.

Dessa forma, ele não se restringe à utilização de um navegador ou plataforma específicos, e não requer a instalação de *plugins* adicionais no navegador ou *software* cliente. Aplicações *web* como *Google Maps*, *Google Suggest* e outros produtos *Google* demonstram todo poder desse novo paradigma. Alguns problemas na utilização do Ajax são a complexidade de se programar em *JavaScript*, a depuração do código e a incompatibilidade desse código com os diversos tipos de navegadores existentes (CRUZ, 2007). Como forma de contornar tais problemas, pode-se lançar mão de *frameworks* e bibliotecas de funções.

### 3.3 Os algoritmos e as 04 camadas do aplicativo

#### 3.3.1 Considerações iniciais

Com base nos pressupostos de Siche *et al.* (2009) a cerca do método de análise em emergia, citados anteriormente, o desenvolvimento consistiu em implementar as 04 camadas de um modelo cliente/servidor conforme as etapas a seguir:

a) Construir um banco de dados na primeira camada por meio do SGBD relacional MySQL;

b) Implementar na camada lógica:

i) Os algoritmos de cálculo dos 40 fluxos anuais em emergia classificados em 05 grupos conforme modelo utilizado por Sweeney *et al.* na avaliação em emergia de 134 países (2009), usando a linguagem de programação *web* PHP no *server side* e as tecnologias *JavaScript*, *jQuery* e *Ajax* no *client side* juntamente com a marcação XHTML e estilização CSS. Nesse modelo os autores agrupam os recursos segundo sua origem e utilização em: renováveis, não renováveis, transformados, importados e exportados, onde cada grupo é definido conforme abaixo:

- Renováveis (R) – Recursos renováveis da natureza (Ortega, 2002);
- Não renováveis (N) – Recursos não renováveis da natureza (Ortega, 2002);

- Exportados (M + S) – Materiais e serviços exportados (DEMETRIO, 2011);
- Importados (M + S) – Materiais e serviços provenientes de outras fontes (DEMETRIO, 2011);
- Transformações internas (F) – Contribuição das atividades econômicas (ORTEGA, 2002).

Nesses grupos encontram-se 40 recursos, que por sua vez fazem uso de 95 outros recursos denominados primários, utilizados como insumos no cálculo dos fluxos em energia dos recursos e cujos valores constituem a entrada de dados do sistema juntamente com suas respectivas transformidades. A classificação completa, com os grupos, os recursos pertencentes a cada grupo e os insumos utilizados no cálculo de cada um dos fluxos pode ser vista na tabela da Fig. 24.

ii) Os algoritmos de cálculo dos 23 indicadores de sustentabilidade apresentados na Fig. 02, entre eles o %R e o ESI, considerados por alguns autores como sendo os dois principais indicadores de sustentabilidade;

iii) Os algoritmos de geração dos gráficos e tabelas;

iv) Os algoritmos de consulta e comparação entre análises.

c) Escrever o código da entrada de dados e exibição dos resultados na camada de apresentação;

d) Realizar testes paralelos de renderização do conteúdo na camada cliente através dos navegadores *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Opera* e *Safari*.

A arquitetura em múltiplas camadas facilita a manutenção e expansibilidade do *software*, o reaproveitamento de código, e separa e proporciona a independência de código de uma camada em relação à outra.

| Item | Indicador   | Unidade |
|------|---|---------|
| 1    | Renovável (R)                                     | sej/ano |
| 2    | Não-Renováveis(N)                                 | sej/ano |
| 3    | Energia Importada (Ftotal)                        | sej/ano |
| 4    | Energia Total (U)                                 | sej/ano |
| 5    | Energia Exportada (PE)                            | sej/ano |
| 6    | Fração de Fontes Internas                         | %       |
| 7    | Importados menos Exportados                       |         |
| 8    | Exportados / Importados                           | sej/ano |
| 9    | % R   | %       |
| 10   | Fração de recursos econômicos                     | %       |
| 11   | Fração de serviços importados                     | %       |
| 12   | Fração dos recursos gratuitos                     | %       |
| 13   | Uso por unidade de área                           | sej/ha  |
| 14   | Uso por pessoa                                    | sej/pop |
| 15   | Capacidade de Carga                               | pop     |
| 16   | Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos          | pop     |
| 17   | Razão do uso de eletricidade                      | sej/kwh |
| 18   | Combustível usado por pessoa                      | sej/pop |
| 19   | EMR ( <i>Emergy Money Ratio</i> )                 | sej/ano |
| 20   | EYR ( <i>Emergy Yield Ratio</i> )                 | sej/ano |
| 21   | ELR ( <i>Emergy Loading Ratio</i> )               | sej/ano |
| 22   | EIR ( <i>Emergy Investment Ratio</i> )            | sej/ano |
| 23   | ESI ( <i>Environmental Sustainability Index</i> ) | sej/ano |

Fig. 03: Indicadores calculados pelo aplicativo

### 3.3.2 Camada de dados

É a camada representada pelo servidor de banco de dados, papel exercido por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), que é um *software* capaz de proporcionar um ambiente seguro e eficiente para armazenamento e recuperação de dados, o que implica na definição de estruturas de armazenamento e mecanismos de manipulação desses dados (SILBERSCHATZ, 2006). Nessa definição aparece o projeto do banco de dados, que segundo Heuser (1998), subdivide-se em duas fases:

- Modelo conceitual: nesta primeira fase é construído o modelo conceitual do BD, sob a forma de um diagrama entidade-relacionamento. Esta modelagem captura as necessidades do negócio em termos de armazenamento de dados de forma independente da implementação;
- Projeto lógico: a etapa do projeto lógico objetiva transformar o modelo conceitual obtido na primeira fase em um modelo lógico. O modelo lógico define como o banco de dados será construído sob um SGBD específico.

### 3.3.2.1. Projeto do banco de dados

#### 3.3.2.1.1. Modelo conceitual

A modelagem conceitual do banco que armazena os dados sobre a contabilidade em energia foi desenvolvida utilizando-se a ferramenta CASE *open source DBDesigner*. Esse modelo apresenta 10 (dez) entidades, com seus atributos, tipos, tamanhos, e relacionamentos existentes entre elas ilustrados na Fig. 04.

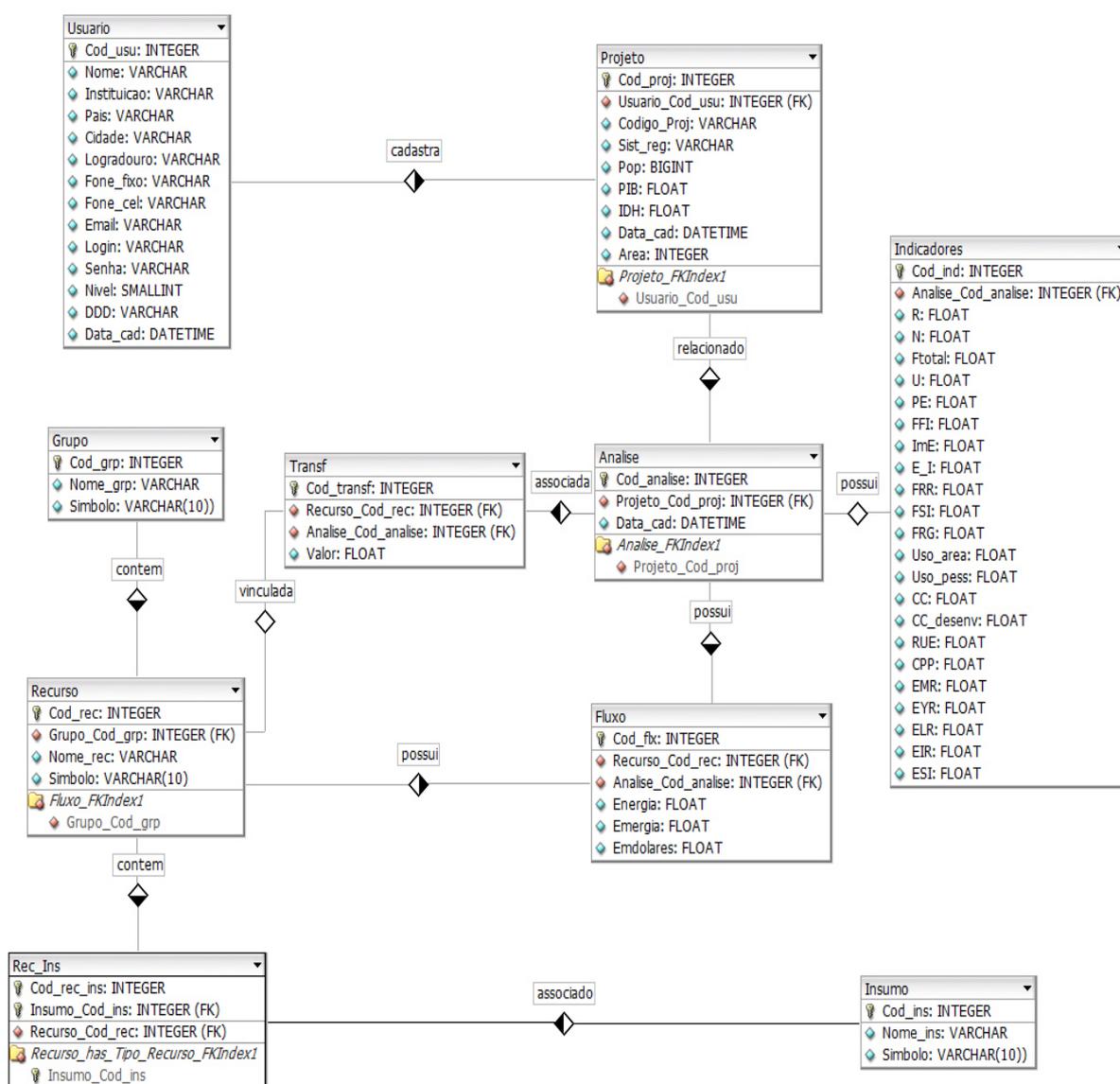


Fig. 04: Modelagem conceitual do banco de dados da aplicação através do *DBDesigner*

### 3.3.2.1.2 Projeto lógico

A partir do modelo conceitual construiu-se o modelo lógico contra o MySQL. O banco de dados da aplicação foi denominado *Emergy (alias)*, e armazena usuários, sistemas regionais (projetos), análises, grupos, recursos, insumos, transformidades, valores de fluxos e valores de indicadores em emergia. As tabelas a seguir, representando o modelo, mostram os atributos, tipos, tamanhos, se aceitam valores nulos ou são campos obrigatórios, se são chaves-primárias ou índices secundários com valores únicos ou duplicados e se estão definidos como auto-incremento. As chaves primárias das tabelas são geradas automaticamente através de campos do tipo auto-incremento, evitando, desta forma, a manipulação por parte do usuário. Índices secundários foram criados com o objetivo de recuperar os registros no menor tempo possível através da otimização do Plano de Consultas do MySQL nas operações que envolvem a junção de duas ou mais tabelas, nas comparações com constantes e nas consultas que possuem as cláusulas *Group By* e *Order By* (BORRIE, 2006). Restrições de integridade referencial foram construídas entre algumas entidades objetivando preservar a integridade e consistência dos dados.

A tabela Usuário armazena os dados dos usuários cuja autenticação por senha é condição necessária para que o sistema libere a permissão de gravação dos dados de uma análise qualquer no banco. A data em que o usuário efetuou o cadastro no sistema fica armazenada no campo *Data\_cad*. A tabela 01 mostra a estrutura.

| Atributo    | Tipo         | Nulo | Chave | Extra          |
|-------------|--------------|------|-------|----------------|
| Cod_usu     | Int(11)      | No   | Pri   | Auto-increment |
| Nome        | Varchar(200) | No   |       |                |
| Instituicao | Varchar(200) | Yes  |       |                |
| Pais        | Varchar(50)  | Yes  |       |                |
| Cidade      | Varchar(100) | Yes  |       |                |
| Logradouro  | Varchar(250) | Yes  |       |                |
| DDD         | Varchar(3)   | Yes  |       |                |
| Fone_fixo   | Varchar(8)   | Yes  |       |                |
| Fone_cel    | Varchar(8)   | Yes  |       |                |
| Email       | Varchar(150) | Yes  |       |                |
| Login       | Varchar(10)  | No   |       |                |
| Senha       | Varchar(40)  | No   | Uni   |                |
| Nivel       | Int(11)      | No   |       |                |
| Data_cad    | Datetime     | No   |       |                |

Tabela 01: Entidade Usuário

A tabela denominada Grupo armazena os 05 grupos que classificam os recursos; exportados, importados, renováveis, não renováveis e transformações internas, (DEMETRIO, 2011).

| Atributo | Tipo        | Nulo | Chave | Extra          |
|----------|-------------|------|-------|----------------|
| Cod_grp  | Int(11)     | No   | Pri   | Auto-increment |
| Nome_grp | Varchar(50) | No   |       |                |
| Simbolo  | Varchar(10) | No   | Uni   |                |

Tabela 02: Entidade Grupo

A tabela que armazena os recursos, de acordo com suas origens e utilização, e sobre os quais os fluxos em energia são calculados denomina-se Recurso.

| Atributo | Tipo         | Nulo | Chave | Extra          |
|----------|--------------|------|-------|----------------|
| Cod_rec  | Int(11)      | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_grp  | Int(11)      | No   |       |                |
| Nome_rec | Varchar(250) | No   |       |                |
| Simbolo  | Varchar(10)  | No   | Uni   |                |

Tabela 03: Entidade Recurso

Na tabela de insumos são registrados os nomes dos insumos com seus respectivos códigos.

| Atributo | Tipo         | Nulo | Chave | Extra          |
|----------|--------------|------|-------|----------------|
| Cod_ins  | Int(11)      | No   | Pri   | Auto-increment |
| Nome_ins | Varchar(250) | No   |       |                |
| Simbolo  | Varchar(10)  | No   | Uni   |                |

Tabela 04: Entidade Insumo

Uma vez que os grupos, recursos e insumos definem a própria metodologia de análise, uma restrição de integridade referencial implementada no banco MySQL não permite a exclusão de um grupo caso já exista um recurso cadastrado para este grupo, da mesma forma não permite a exclusão de um recurso caso já exista um insumo associado. Apenas os usuários administradores tem acesso a esses dados. Para os grupos, assim como para os recursos e insumos, foi definido um código, armazenado no campo Simbolo, que os identifica unicamente no banco de dados.

A cardinalidade existente entre as tabelas Recurso e Insumo estabelece uma conexão do tipo vários para vários, resultando em uma tabela derivada da relação que estabelece o vínculo entre as duas, ou seja, um recurso está associado a um ou mais insumos e um insumo pertence a um ou mais recursos. Um exemplo é o insumo plataforma continental que pode ser encontrado nos recursos citados anteriormente, entre eles, a Energia Solar. Este, por sua vez, além do recurso Plataforma Continental possui ainda os recursos Área terrestre, Insolação e Albedo. Esta terceira tabela denomina-se Rec\_Ins e seus atributos são chaves estrangeiras que referenciam as chaves primárias das tabelas do relacionamento original.

| Atributo    | Tipo    | Nulo | Chave | Extra          |
|-------------|---------|------|-------|----------------|
| Cod_rec_ins | Int(11) | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_rec     | Int(11) | No   |       |                |
| Cod_ins     | Int(11) | No   |       |                |

Tabela 05: Entidade derivada Rec\_Ins

A tabela Projeto armazena os dados gerais a cerca da região em análise. Define o Sistema Regional cujos valores dos insumos considerados na metodologia adotada constituem a entrada de dados do sistema. A um determinado projeto, uma ou mais análises podem ser associadas. Isto significa que a ferramenta permite verificar a evolução dos índices de sustentabilidade ambiental, ao longo do tempo, para um determinado sistema regional. A tabela Projeto conecta-se com a tabela Usuário numa cardinalidade de vários para um por meio da chave estrangeira Cod\_usu, isto é, um usuário pode cadastrar vários projetos e um determinado projeto pertence a um único usuário.

| Atributo | Tipo         | Nulo | Chave | Extra          |
|----------|--------------|------|-------|----------------|
| Cod_proj | Int(11)      | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_usu  | Int(11)      | No   |       |                |
| Sist_reg | Varchar(250) | No   |       |                |
| Data_cad | Datetime     | No   |       |                |

Tabela 06: Entidade Projeto

A tabela Analise armazena a data em que a análise foi cadastrada no sistema, sendo apresentada na *interface* como um *hiperlink* para a consulta. A chave estrangeira Cod\_proj permite estabelecer o relacionamento do tipo um para vários

entre as tabelas Projeto e Analise, isto é, um projeto pode ser constituído de uma ou mais análises e uma análise está vinculada a um único projeto.

| Atributo | Tipo     | Nulo | Chave | Extra          |
|----------|----------|------|-------|----------------|
| Cod_ana  | Int(11)  | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_proj | Int(11)  | No   |       |                |
| Data_cad | Datetime | No   |       |                |

Tabela 07: Entidade Analise

A tabela Transf armazena as transformidades associadas aos recursos que definem os fluxos em energia, a exemplo da Energia Solar, Energia Química da Chuva, Energia do Vento, entre outros, ou são calculadas a partir dos insumos que compõem determinados fluxos, como a transformidade dos Minerais, calculada como sendo a soma das transformidades do Cimento, Fósforo, Potássio, Nitrogenio e Outros. Neste caso, o aplicativo pede ao usuário, o valor da transformidade de cada um desses insumos.

| Atributo   | Tipo    | Nulo | Chave | Extra          |
|------------|---------|------|-------|----------------|
| Cod_transf | Int(11) | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_rec    | Int(11) | No   |       |                |
| Cod_ana    | Int(11) | No   |       |                |
| Valor      | Float   | No   |       |                |

Tabela 08: Entidade Transf

A tabela Fluxo armazena os dados calculados de energia, energia e valor *em dolares* dos fluxos anuais. As chaves estrangeiras Cod\_rec e Cod\_ana permitem estabelecer a relação com as tabelas Recurso e Analise numa cardinalidade de um para vários. Cada Fluxo está associado a um ou mais recursos e a uma ou várias análises. A restrição de integridade referencial aplicada sobre o atributo Cod\_rec impede a deleção de um recurso caso exista alguma referência desse recurso armazenada na tabela Fluxo. A tabela 09 descreve essa estrutura.

| Atributo  | Tipo    | Nulo | Chave | Extra          |
|-----------|---------|------|-------|----------------|
| Cod_fix   | Int(11) | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_rec   | Int(11) | No   |       |                |
| Cod_ana   | Int(11) | No   |       |                |
| Energia   | Float   | No   |       |                |
| Energia   | Float   | No   |       |                |
| Emdolares | Float   | No   |       |                |

Tabela 09: Entidade Fluxo

Finalmente, a tabela Indicadores (Fig. 10) armazena os valores dos 23 indicadores em energia mostrados na Fig. 03 e calculados sobre os fluxos do sistema regional. A chave estrangeira Cod\_ana estabelece a cardinalidade de um para vários entre as tabelas Analise e Indicadores, conectando uma análise a vários indicadores e um indicador a uma única análise.

| Atributo  | Tipo    | Nulo | Chave | Extra          |
|-----------|---------|------|-------|----------------|
| Cod_ind   | Int(11) | No   | Pri   | Auto-increment |
| Cod_ana   | Int(11) | No   |       |                |
| R         | Float   | No   |       |                |
| N         | Float   | No   |       |                |
| Ftotal    | Float   | No   |       |                |
| U         | Float   | No   |       |                |
| PE        | Float   | No   |       |                |
| FFI       | Float   | No   |       |                |
| Ime       | Float   | No   |       |                |
| E/I       | Float   | No   |       |                |
| FRR       | Float   | No   |       |                |
| FRE       | Float   | No   |       |                |
| FSI       | Float   | No   |       |                |
| FRG       | Float   | No   |       |                |
| Uso_area  | Float   | No   |       |                |
| Uso_pess  | Float   | No   |       |                |
| CC        | Float   | No   |       |                |
| CC_desenv | Float   | No   |       |                |
| RUE       | Float   | No   |       |                |
| CPP       | Float   | No   |       |                |
| EMR       | Float   | No   |       |                |
| EYR       | Float   | No   |       |                |
| ELR       | Float   | No   |       |                |
| EIR       | Float   | No   |       |                |
| ESI       | Float   | No   |       |                |

Tabela 10: Entidade Indicadores

### 3.3.3 Camada lógica

De acordo com Chiba (2007), existe pelo menos duas formas mais comuns de estruturar a camada lógica: o modelo simples, chamado *Transaction Script*, e o modelo completo, *Domain Logic*. O modelo simples é geralmente utilizado em aplicações onde os comandos do *script* são embutidos nas páginas HTML, como ASP, PHP e JSP, ou construindo-se *stored procedures* mais complexas nos SGBD's. O modelo completo envolve a modelagem de objetos de negócio e o desenvolvimento da aplicação seguindo-se o padrão tradicional de orientação a objetos e componentização clássica. Por ser um modelo mais completo em termos de suas preocupações com a reutilização, e mais puro no tocante ao uso de

recursos da orientação a objetos, também se apresenta com maior complexidade e exige um processo de concepção mais apurado. Neste trabalho adotou-se a técnica *Transaction Script* em função da implementação estar baseada no modelo de programação convencional sutilmente mesclado ao paradigma da orientação ao objeto.

A pasta **emergy/php/logica**, em destaque na estrutura de diretórios da Fig. 05, é uma representação virtual do servidor de aplicações e armazena os arquivos `conecta_bd.php`, `ind_flx.php`, `graficos.php`, `cstgraf.php` e `consultas.php`, com as regras de negócio codificadas. Nas arquiteturas *multi-tier* em que uma máquina física é utilizada como servidor de aplicações, é suficiente movê-los para essa máquina e apontá-los no código dos arquivos que os referenciam. O conteúdo desses arquivos é formado exclusivamente de código PHP ou *JavaScript*, e os algoritmos encarregam-se do acesso ao banco de dados, da lógica de validação dos campos, do cálculo dos fluxos e indicadores, geração dos gráficos e tabelas e consulta às análises já cadastradas.

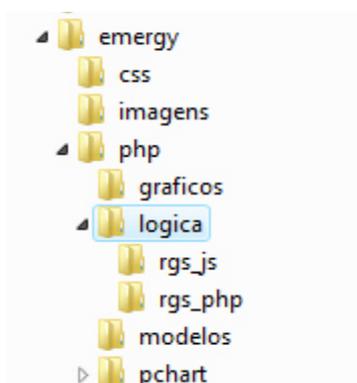


Fig. 05: Estrutura de diretórios do aplicativo SCASE

### 3.3.3.1 Conexão com o banco de dados

O arquivo `conecta_bd.php` permite a conexão ao banco de dados através do código mostrado na Fig. 06 e é chamado em todas as páginas que acessam o banco de dados, imediatamente antes de uma cláusula SQL ou no início da página através do comando `require_once("conecta_bd.php")`. Isto permite que uma eventual modificação na conexão ao banco, ou mesmo uma mudança de SGBD, seja realizada apenas no arquivo presente na camada lógica, ao invés de efetuar em

cada chamada constante das diversas páginas. O comando *require\_once* foi utilizado em detrimento ao comando *include* face às suas características de retornar um erro e abortar a execução do *script* caso haja falha na inclusão do arquivo e de não incluí-lo novamente mediante uma requisição anterior. A função do PHP *mysql\_connect*, responsável pela conexão ao banco, recebe como parâmetros o *path* do banco, o usuário e senha de conexão.

```
<?php
    if (!$con = mysql_connect ("localhost", "emergy", "w17105")) {
        echo "Nao foi possivel conectar ao servidor.";
        exit;
    }
    mysql_select_db("emergy")
    or die ("Nao foi possivel conectar com o banco de dados MySQL Energy");
?>
```

Fig. 06: *Script* PHP de conexão ao banco de dados

### 3.3.3.2 Validação e cálculo dos fluxos e indicadores

Inicialmente, calculam-se os fluxos anuais em energia para cada um dos 40 recursos definidos na metodologia e, posteriormente, calculam-se os 23 indicadores de sustentabilidade a partir dos valores já calculados dos fluxos. Mais adiante, esses dados são passados como parâmetros para os arquivos encarregados de exibí-los nos gráficos e tabelas como resultado da análise. A ilustração da Fig. 07 apresenta como exemplo, o cálculo do fluxo anual da Energia Solar (DEMÉTRIO, 2011). Nesse cálculo percebe-se a presença dos insumos “plataforma continental”, “área terrestre”, “insolação” e “albedo”, e uma vez que o valor da transformidade da Energia Solar é 1 seJ/J, o valor da energia calculada do recurso Energia Solar é 3.88E+22 J/ano segundo a definição Energia = Energia x Transformidade. Os dados primários dos insumos podem ser coletados nas mais diversas fontes, a exemplo do IBGE, DNPM, EMBRAPA, aplicativo SWERA, entre outros.

|                        |   |                       |            |
|------------------------|---|-----------------------|------------|
| Energia Solar          |   |                       |            |
| Plataforma Continental | 6,79E+11 m <sup>2</sup>   | profundidade de 200 m | Odum, 1996 |
| Área Terrestre         | 8,51E+12 m <sup>2</sup>   |                       |            |
| Insolação              | 1,44E+02 Kcal/cm <sup>2</sup> /ano  |                       |            |
| Albedo =               | 0,30 (% given as decimal)   |                       |            |
| Energia(J) =           | (plataforma continental)*(insolação)*(1-albedo)   |                       |            |
|                        | = (____m <sup>2</sup> )*(____Kcal/cm <sup>2</sup> /y)*(E+04cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )* |                       |            |
|                        | (1-albedo)*(4186J/kcal)   |                       |            |
|                        | = 3,88E+22 J/ano  |                       |            |
| UEV =                  | 1 seJ/J   |                       | Definição  |

Fig. 07: Cálculo da energia para o fluxo anual da Energia Solar

O arquivo `dados.php`, localizado na camada de apresentação, recebe os dados de entrada do usuário através de um formulário e invoca o *script* de validação dos dados encontrado no arquivo `valdados.js` presente na camada de regras de negócio, via chamada *JavaScript* a seguir.

```
<script type="text/javascript" src="http://localhost/emergy/php/logica/rgs_js/valdados.js"></script>
```

A validação desses dados acontece por meio de funções *jQuery* usadas pelo mecanismo *Ajax* da Fig. 08. Esse comportamento impede que a página que contém o formulário de entrada de dados seja recarregada sempre que uma mensagem de erro for disparada, a exemplo das mensagens relacionadas aos campos em branco. Isto diminui o tráfego na rede entre o cliente e o servidor, incrementa a performance da aplicação e não permite que os dados já digitados nos *editbox* de entrada sejam perdidos após uma mensagem de erro, como por exemplo, quando o usuário esquecer de entrar com algum desses dados. Uma vez que a entrada é formada por um conjunto de 166 valores (insumos + UEV's), não perdê-los após uma mensagem de erro significa obedecer aos princípios de uma interface amigável. A Figura 14 também mostra que na camada de apresentação são incorporadas a versão minificada<sup>1</sup> da biblioteca *jQuery* 1.5.1, hospedada no *Google*, e o *plugin* de validação de formulários *validate.js* encontrado em um serviço *Microsoft*. Alternativamente poder-se-ia baixar uma versão direto do site [http://docs.jquery.com/Downloading\\_jQuery](http://docs.jquery.com/Downloading_jQuery) e hospedá-la localmente no próprio servidor ou no sistema local de arquivos da aplicação. Ao optar pela solução do *Google*, o aplicativo tem à sua disposição uma cópia da biblioteca atualizada, estável, confiável, de alta performance e globalmente disponível. Assim, beneficia-se de uma diminuição da latência, de um aumento do paralelismo e de um melhor armazenamento em *cache* (COOKBOOK, 2010).

---

<sup>1</sup> Processo de remoção de todos os caracteres desnecessários do código-fonte, sem alteração de sua funcionalidade. Normalmente incluem caracteres de espaço em branco, nova linha, comentários e, às vezes, delimitadores de bloco, que são utilizados para conferir legibilidade ao código mas que não são necessários para sua execução (COOKBOOK, 2010).

O *script* de validação percorre o DOM à procura de campos em branco e dispara mensagens de erro ao usuário, caso os encontre. Se o processo de validação não falhar, o mecanismo *Ajax* serializa os elementos de entrada do formulário e entrega ao arquivo `analise.php` para processamento. Este arquivo, por sua vez, realiza uma chamada ao arquivo `flx_ind.php` que contem as regras de negócio de cálculo dos fluxos e indicadores. Ao retornar com sucesso, algumas propriedades CSS da página que irá mostrar os resultados são alteradas a fim de permitir que os gráficos e tabelas sejam apresentados com a correta renderização.

#### Chamadas na camada de apresentação

```
<script type="text/javascript" src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.5.1/jquery.min.js"></script>
<script type="text/javascript" src="http://ajax.microsoft.com/ajax/jquery.validate/1.7/jquery.validate.js"></script>
<script type="text/javascript" src="http://localhost/emergy/php/logica/rgs_js/validados.js"></script>
```

#### Mecanismo *Ajax* na camada lógica

```
$('#form_dadosrec').validate ({
  errorLabelContainer: "#erro_valida",
  rules: {
    platcon:{required: true},
    areater:{required: true},
    chuvat:{required: true },
    iles3:{required: true},
    ales3:{required: true },
    :
    :
  },
  messages: {
    platcon:{required: '-> Valor invalido para o campo Sistema Regional !'},
    areater:{required: '-> Valor invalido para o campo Area terrestre !'},
    chuvat:{required: '-> Valor invalido para o campo Chuva (terra) !'},
    iles3:{required: '-> Valor invalido para o campo Insolação !'},
    ales3:{required: '-> Valor invalido para o campo Albedo !'},
    :
    :
  },
  submitHandler: function( form ) {
    var dados = $( form ).serialize();
    $.ajax ({
      type: "POST",
      url: "analise.php",
      data: dados,
      success: function(data) {
        $("#container").css('height', '200%');
        $("#corpo").html(data);
      }
    });
    return false;
  }
});
$("#erro_valida").ajaxStart(function() {
  $("#erro_valida").html('<div>Carregando gráficos e tabelas resultantes da analise. Aguarde ...</div>');
  $(this).show();
});
$("#erro_valida").ajaxStop(function() {
  $(this).hide();
});
});
```

Fig. 08: Mecanismo *Ajax* de validação, serialização e envio de dados

Utilizam-se ainda dois métodos Ajax: o *ajaxStart* que referencia a div <erro\_valida> no momento em que o método Ajax é disparado, para mostrar temporariamente ao usuário a mensagem de que as tabelas e gráficos estão sendo processados e carregados, e o *ajaxStop* para esconder a mensagem na div após o encerramento do método.

Por sua vez, o arquivo *analise.php* recebe esses dados e executa o algoritmo de cálculo da energia dos fluxos e indicadores, levando em consideração dois aspectos:

- O usuário está conectado – Neste caso, inicializa-se uma transação MySQL, gravam-se os dados a cerca de uma nova análise e, após cada iteração de um *loop foreach*, chama-se um *script* PHP que irá calcular e armazenar os dados dos fluxos, como os valores da “energia”, “energia” e o valor “*Emdolares*” de cada fluxo, além de gravar as transformidades vinculadas a cada um deles ou a cada insumo que apresenta sua própria transformidade, a exemplo dos Metais, Minerais, Combustível, entre outros. Optou-se por não armazenar os dados de entrada (valores dos insumos) no banco, já que não participam diretamente da construção dos gráficos e tabelas no momento em que uma análise é consultada. Isto implica em ganho razoável de desempenho para um usuário logado, considerando-se que, neste caso, o aplicativo deixa de realizar 95 acessos ao banco de dados para gravação de cada um desses insumos. Essa decisão baseia-se no pressuposto de que existe uma alta trafegabilidade na internet e a maioria das máquinas de usuário não possui uma grande capacidade de processamento, embora testes no ambiente real possam indicar que, a despeito de uma pequena perda de performance, a gravação desses dados apresenta-se tecnicamente viável. Apenas as transformidades são armazenadas já que seus valores são recuperados para apresentação na tabela Resumo de Fluxos. Em sequência, um outro *script* é invocado para calcular e gravar os indicadores, e uma vez que tanto o valor do fluxo em energia relativo a “serviços exportados” quanto o valor “*Emdolares*” de cada fluxo é função do indicador EMR, neste momento, com o valor desse indicador já calculado, atualiza-se o valor do fluxo “serviços exportados” na tabela Fluxo e, a seguir, um terceiro *script* atualiza o valor do campo “*Emdolares*” de todos os fluxos calculados segundo a divisão Energia total do sistema(U) / Dinheiro mundial(\$).

Finalmente, devolve-se o controle do programa para o curso normal de execução e fecha-se a transação com o comando COMMIT, ou ROLLBACK no caso de insucesso em alguma das operações sobre o banco. Fragmentos dos *scripts* e o fluxo dessas operações estão ilustrados na Fig. 09.

- O usuário não está conectado – As rotinas de cálculo incidem sobre os dados primários de entrada, mas nenhum acesso ao banco de dados é realizado, isto é, nenhuma conexão é estabelecida com o banco e nenhum valor é gravado, incluindo os valores das transformidades. Os resultados são apresentados na *interface* como uma simulação e a consulta posterior aos dados dessa análise não estará disponível na *home page*. Se o usuário desejar repetir o procedimento, deverá entrar com os dados primários e transformidades novamente no formulário.

### Início e fim da transação

```

if (isset($_SESSION['usr_log'])) {
    $GLOBALS['log'] = true;
    $prj = Valor('proj');
    require_once("modelos/conecta_bd.php");
    mysql_query("START TRANSACTION") or die(mysql_error());
    mysql_query("INSERT INTO Analise (Cod_ana, Cod_proj, Data_cad) VALUES ('", $prj, NOW())" or die("Erro na gravacao !" .mysql_error());
    $cod_ana = mysql_insert_id();
    Calcula_dados_flux($cod_ana, $pc, $sat, $ct, $pop, $pib, $idh, $dolar);
    $sql = mysql_query("COMMIT");
    if ($sql)
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert('Gravacao de dados realizada com sucesso !');
        </script>";
    else {
        mysql_query("ROLLBACK") or die ("Gravacao de dados negada !" .mysql_error());
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert('Nao foi possivel realizar a gravacao dos dados !');
        </script>";
    }
}
else
    Calcula_dados_flux(0,0,$pc, $sat, $ct, $pop, $pib, $idh, $dolar);

```

### Leitura de insumos e cálculo dos fluxos

```

function Calcula_dados_flux($cod_ana, $pc, $sat, $ct, $pop, $pib, $idh, $dolar) {
    foreach($_POST as $campo => $valor) {
        flag = true;
        switch ($campo) {
            case 'ILES3': {
                $tr = 1; $iles3 = Valor('ILES3'); $sales3 = Valor('ALES3');
                $energia = ($pc + $sat) * $iles3 * (1 - $sales3) * 10000 * 4186;
                $GLOBALS['es3'] = $energia = $energia * $tr;
                break;
            }
            case 'TEEQ3': {
                $tr = Valor('tr2'); $teeq3 = Valor('TEEQ3'); $scepq3 = Valor('CPEQ3');
                $energia = $sat * $teeq3 * 1000 * 4940 + $pc * $scepq3 * 1000 * 4940;
                $GLOBALS['eq3'] = $energia = $energia * $tr;
                break;
            }
            .
            .
            .
        }
        if (($GLOBALS['log']) && ($flag)) {
            $simb = substr($campo, 2);
            $sql = mysql_fetch_array(mysql_query("SELECT Cod_fluxo FROM Fluxo
                WHERE Simbolo = '$simb'"));
            $cf = $sql['Cod_fluxo'];
            if ($simb == 'SV0') $cf_sv0 = $cf;
            mysql_query("INSERT INTO Fluxo (Cod_flux, Cod_rec, Simb_flux,
                Cod_ana, Energia, Emergia, Emdolares) VALUES ('", $cf, '$simb',
                $cod_ana, $energia, $emergia, 0)" or die("Gravacao de fluxos negada !"
                .mysql_error());
            mysql_query("INSERT INTO Transf (Cod_transf, Cod_flux, Cod_ana,
                Valor) VALUES ('", $cf, $cod_ana, $tr)"
                or die("Gravacao de transformidade negada !" .mysql_error());
        }
    }
    if ($GLOBALS['log']) {
        Indicadores($cod_ana, $sat, $idh, $pib, $pop, $dolar, $cf_sv0);
        Emdolares($cod_ana);
    }
    else
        Indicadores(0, $sat, $idh, $pib, $pop, $dolar, 0);
}

```

### Cálculo dos indicadores

```

function Indicadores($cod_ana, $sat, $idh, $pib, $pop, $dolar, $flux_sv0) {
    $n0 = $GLOBALS['n0'] = $GLOBALS['pl4'] + $GLOBALS['et4'] + $GLOBALS['pe4'] + $GLOBALS['ps2'];
    $n1 = $GLOBALS['n1'] = $GLOBALS['gn2'] + $GLOBALS['pt2'] + $GLOBALS['mt2'] + $GLOBALS['mn2'] + $GLOBALS['cv2'];
    $f1 = $GLOBALS['f1'] = $GLOBALS['cb1'] + $GLOBALS['mt1'] + $GLOBALS['mn1'];
    $g = $GLOBALS['g'] = $GLOBALS['pa1'] + $GLOBALS['pp1'] + $GLOBALS['pb1'] + $GLOBALS['qm1'] + $GLOBALS['mf1'] + $GLOBALS['me1'];
    $p2i = $GLOBALS['p2i'] = $GLOBALS['sv1'];
    $n = $GLOBALS['n'] = $GLOBALS['n0'] + $GLOBALS['n1'];
    $r = $GLOBALS['r'] = max(array(($GLOBALS['ep3'] + $GLOBALS['eq3']), $GLOBALS['ev3'], $GLOBALS['on3'])) + $GLOBALS['mr3'] + $GLOBALS['ct3'];
    $ftotal = $GLOBALS['ftotal'] = $GLOBALS['f1'] + $GLOBALS['g'] + $GLOBALS['p2i'];
    $u = $GLOBALS['u'] = $GLOBALS['n'] + $GLOBALS['r'] + $GLOBALS['ftotal'];
    .
    .
    .
    $emr = $GLOBALS['emr'] = $GLOBALS['u'] / ($pib / $dolar);
    $eyr = $GLOBALS['eyr'] = $GLOBALS['u'] / $GLOBALS['ftotal'];
    $eir = $GLOBALS['eir'] = ($GLOBALS['n'] + $GLOBALS['ftotal']) / $GLOBALS['r'];
    $esir = $GLOBALS['esir'] = $GLOBALS['ftotal'] / ($GLOBALS['n'] + $GLOBALS['r']);
    $esi = $GLOBALS['esi'] = $GLOBALS['eyr'] / $GLOBALS['eir'];
    if ($GLOBALS['log']) {
        mysql_query("INSERT INTO Indicadores (Cod_ind, Cod_analise, R, N, Ftotal, U, PE, FFI, lme, E_I, FRR, FRE, FSI, FRG, Uso_area, Uso_pess, CC,
            CC_desenv, RUE, CPP, EMR, EYR, ELR, EIR, ESI, Pop, PIB, IDH, Dolar)
            VALUES ('", $cod_ana, $r, $n, $ftotal, $u, $pe, $ffi, $lme, $e_i, $frr, $fre, $fsi, $frg, $uso_area, $uso_pess, $cc, $cc_desenv, $rue, $cpp, $emr, $eyr, $eir,
            $esir, $esi, $pop, $pib, $idh, $dolar)" or die(mysql_error());
        mysql_query("UPDATE Dados_flux SET Emergia = $sv0 WHERE Cod_flux = $flux_sv0 AND Cod_analise = $cod_ana" or die(mysql_error());
    }
}

```

### Cálculo do valor Emdolares

```

function calcEmd($flux) {
    return $GLOBALS[strtolower($flux)]$GLOBALS['emr'];
}

function Emdolares($cod_ana) {
    $sql = mysql_query("SELECT Simbolo, Cod_fluxo
    FROM Fluxo");
    while ($_flux = mysql_fetch_array($sql)) {
        $cod_fluxo = $_flux['Cod_fluxo'];
        switch ($_flux['Simbolo']) {
            case 'ES3': case 'EP3': case 'EQ3': case 'EV3':
            case 'MR3': case 'ON3': case 'CT3': case 'GN2':
            case 'PT2': case 'PS2': case 'MT2': case 'MN2':
            case 'CV2': case 'CB0': case 'MT0': case 'MN0':
            case 'PA0': case 'PP0': case 'PB0': case 'QM0':
            case 'MF0': case 'ME0': case 'SV0': case 'CB1':
            case 'MT1': case 'MN1': case 'PA1': case 'PP1':
            case 'PB1': case 'QM1': case 'MF1': case 'ME1':
            case 'SV1': case 'PA4': case 'HE4':
            case 'PL4': case 'EF4': case 'PE4': case 'PP4': {
                $emdolares = calcEmd($_flux['Simbolo']);
                break;
            }
        }
        mysql_query("UPDATE Dados_flux
        SET Emdolares = '$emdolares'
        WHERE Cod_flux = '$cod_fluxo'
        AND Cod_analise = '$cod_ana'" or
        die(mysql_error());
    }
}

```

Fig. 09: Código das regras de negócio relativas à entrada de dados, cálculo dos fluxos, indicadores e Emdolares

O programa utiliza variáveis globais, por meio do *array* especial \$GLOBALS, definido pelo PHP, a fim de guardar e permitir a visibilidade de nomes a partir de qualquer bloco de código. Assim, os *scripts* que apresentam os resultados ignoram o acesso à tabela que armazena os valores dos indicadores e os recebem diretamente das variáveis passadas como parâmetros a partir de pontos distintos da marcação XHTML. A arquitetura do aplicativo exigiu a codificação das funções geradoras dos gráficos e tabelas em um arquivo PHP específico, uma vez que a chamada a essas funções acontece em três pontos diferentes do programa: no momento de uma gravação ou simulação, na consulta a uma análise qualquer e na comparação entre análises. O uso dessas variáveis resulta em melhor desempenho considerando que não existe acesso ao banco posteriormente à gravação dos dados, e define-se o princípio geral de funcionamento do aplicativo mostrado no fluxograma da Fig. 10: receber os dados de entrada, efetuar os cálculos, armazenar o resultado em memória, usá-los na montagem dos gráficos e tabelas e, ao mesmo tempo, enviar esses dados para o servidor PHP gravar no banco se o usuário estiver conectado, caso contrário, apenas apresentar esse resultado na interface. A rigor, essas operações não são executadas em paralelo, já que todo o código PHP inicialmente é processado pelo servidor e devolvido ao cliente como marcação HTML para ser apresentado pelo navegador.

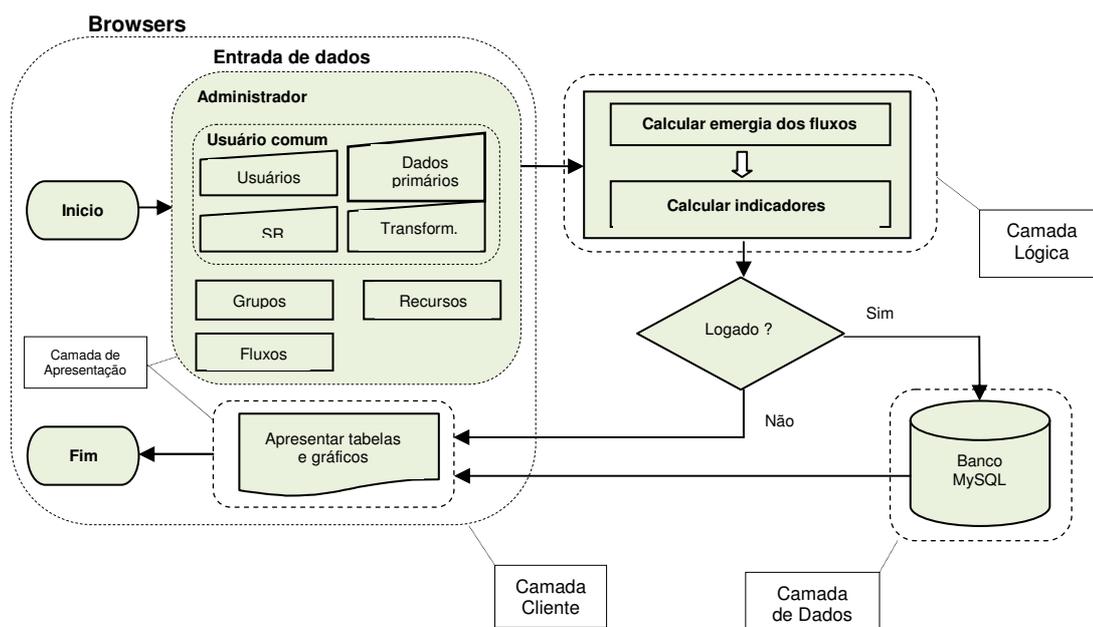


Fig. 10: Princípio de funcionamento do aplicativo com a separação entre camadas

### 3.3.3.3 Geração dos gráficos e tabelas

As estruturas de apresentação são geradas em dois momentos distintos: no momento em que o usuário realiza uma análise, conectado ou não ao banco de dados, e no momento em que consulta ou compara análises. Essas operações invocam dois arquivos respectivamente: o arquivo `graficos.php`, que carrega um conjunto de funções cujos argumentos recebem seus valores diretamente das variáveis de ambiente PHP citadas anteriormente; e o arquivo `cstgraf.php`, cujos argumentos de suas funções recebem os valores recuperados do banco de dados por meio de instruções SQL. A Fig. 11 apresenta, como primeiro exemplo, a SQL envolvendo a junção de 05 das 10 tabelas do banco, o código PHP e a marcação XHTML necessários para apresentação do resumo dos fluxos em energia na tabela denominada *Resumo de Fluxos* no momento da consulta a uma análise. Essa função recebe o código da análise como parâmetro, carrega o arquivo `consulta.php` com a regra de negócio da Fig. 12 referente à geração da tabela, e exibe o conteúdo. Uma vez que os valores dos insumos com suas respectivas transformidades não são armazenados em variáveis globais pelo aplicativo, esta tabela não é apresentada a um usuário durante uma simulação, ou seja, para que o usuário receba o resumo de fluxos como saída é necessário estar conectado ao banco. Cada campo da junção foi estabelecido como um índice na sua respectiva tabela do banco a fim de se obter ganho de desempenho na consulta.

```
function t_Contab_sr($ana) {
    require_once("logica/rgs_php/consulta.php");
    echo "<table>
    <thead><tr><th>Regional System</th><th>Recourse</th><th>Group</th>
    <th>Energy</th><th>Transformity</th><th>Emergy</th><th>Emdolares</th>
    </tr></thead>";
    while ($lin = mysql_fetch_array($sql)) {
        echo "<tr>";
        $GLOBALS['sr'] = $lin['Sist_reg'];
        echo "<td>". $lin['Sist_reg']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Nome_fluxo']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Nome_grp']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Energia']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Valor']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Emergia']. "</td>";
        echo "<td>". $lin['Emdolares']. "</td>";
        echo "</tr>";
    }
    echo "</table>";
}
```

Fig. 11: *Script* PHP com chamada ao arquivo de consulta aos valores da tabela *Resumo de Fluxos*

```

<?php
$sql = mysql_query("SELECT p.Sist_reg, f.Nome_fluxo, r.Nome_grp, a.Cod_ana,
df.Energia, t.Valor, df.Energia, df.Emdolares
FROM Projeto AS p INNER JOIN Analise AS a ON p.Cod_proj = a.Cod_proj
INNER JOIN Fluxo AS df ON a.Cod_ana = df.Cod_ana
INNER JOIN Recurso AS f ON df.Cod_fix = f.Cod_fix
INNER JOIN Grupo AS r ON f.Cod_rec = r.Cod_rec
INNER JOIN Transf AS t ON df.Cod_fix = t.Cod_fix AND t.Cod_ana = df.Cod_ana
WHERE a.Cod_ana = $ana ORDER BY p.Sist_reg, r.Nome_grp;") or die(mysql_error());
?>

```

Fig. 12: Instrução SQL representando a regra de negócio de geração da tabela

A geração de um gráfico obedece ao mesmo princípio de construção das tabelas e envolve os mesmos arquivos. Isto pode ser observado nas Fig. 13, que ilustra neste segundo exemplo, a geração do gráfico que compara o indicador ESI com os valores de referência encontrados na literatura no momento em que o usuário executa uma análise. Observa-se a função recebendo variáveis como parâmetros, sem realizar acessos ao banco de dados.

```

function g_Esi_Ref($esi, $sr) {
    $ref1 = -3; $ref2 = 5; $ref3 = 10;
    $dados = new pData();
    $dados->AddPoints(array(number_format($esi,2,',',''), $ref1, $ref2, $ref3),"esi");
    $dados->AddPoints(array("$sr","ref1","ref2", "ref3"),"ren");
    $dados->addPoints(array(0),"barra1"); $dados->addPoints(array(0),"barra2");
    $dados->setSerieDescription("esi", "ESI < 0 (unsustentable)");
    $dados->setSerieDescription("barra1", "ESI = [0..5] (sust. medium-term)");
    $dados->setSerieDescription("barra2", "ESI > 5 (sust. long-term)");
    $dados->setSerieDrawable("pos_barras",FALSE);
    $dados->setAbcissa("ren");
    switch($esi) {
        case ($esi<0): {
            $var1 = array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100);
            $dados->setPalette("ESI",array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100));
            break;
        }
        case ($esi>=0) and ($esi<=5): {
            $var1 = array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100);
            $dados->setPalette("ESI",array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100));
            break;
        }
        case ($esi > 5): {
            $var1 = array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100);
            $dados->setPalette("ESI",array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100));
            break;
        }
    }
    $dados->setPalette("esi",array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100));
    $dados->setPalette("barra1",array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100));
    $dados->setPalette("barra2",array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100));
    $dados->setAxisName(0,"ESI (sej / year)"); $grafico = new plImage(200,340,$dados);
    $grafico->drawGradientArea(0,0,500,500,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>240,"StartB"=>240,
    "EndR"=>180,"EndG"=>180,"EndB"=>180,"Alpha"=>100));
    $grafico->drawGradientArea(0,0,700,20,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>100,"StartG"=>100,"StartB"=>100,
    "EndR"=>70,"EndG"=>70,"EndB"=>70,"Alpha"=>100));
    $grafico->drawText(10,16,"Indicator ESI",array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Alpha"=>100,"FontName"=>
    "fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>11));
    $grafico->setGraphArea(30,40,190,250);
    $grafico->setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>7));
    $grafico->drawScale(array("CycleBackground"=>TRUE,"DrawSubTicks"=>TRUE,"LabelRotation"=>15,"GridR"=>0,
    "GridG"=>0,"GridB"=>0,"GridAlpha"=>10));
    $scores = array("0"=>$var1, "1"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "2"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,
    "Alpha"=>100), "3"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100));
    $grafico->drawLegend(20,290,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEND_VERTICAL,"FontR"=>0,
    "FontG"=>0,"FontB"=>0));
    $dados->removeSerie("barra1"); $dados->removeSerie("barra2");
    $config = array("Gradient"=>TRUE,"Draw0Line"=>TRUE,"DisplayShadow"=>TRUE,"DisplayPos"=>LABEL_POS_INSIDE,
    "DisplayValues"=>TRUE,"Surrounding"=>10,"OverrideColors"=>$scores);
    $grafico->drawBarChart($config);
    $grafico->Render("graficos/esi_ref.png");
}

```

Figura 13: Script PHP de geração do gráfico comparativo entre o ESI e seus valores de referencia.

### 3.3.3.4 Consultas e comparações de análises

A ação do usuário a partir da interface permite a execução dos *scripts* de consulta a uma análise ou de comparação entre duas ou três análises quaisquer.

- Consultas

A Fig. 14 mostra o *script* acionado pelo evento *onClick* sobre um *hiperlink*, que recupera o valor do código de uma análise armazenado na tabela Analise, por meio de uma instrução SQL, e envia para o arquivo consulta.php através de uma *querystring*<sup>2</sup>. Uma vez que as análises do Brasil em 2007 foram previamente armazenadas, o aplicativo automaticamente gerou os códigos dessas análises, cujo último, e conseqüentemente maior valor gerado, estabelece a diferença entre recuperar uma dessas análises e recuperar uma análise qualquer de usuário, como condição da cláusula WHERE da instrução SQL. Usando o método de leitura *\$\_GET* do PHP, o arquivo consulta.php lê o valor passado como parâmetro na URL da página pela *querystring* e executa as instruções SQL de recuperação dos valores dos fluxos e indicadores da análise requisitada, armazenados nas tabelas Fluxo e Indicadores respectivamente, e exibe as tabelas e gráficos com os resultados.

```
function Analise($cod_proj) {
    $sql = mysql_query("SELECT Cod_ana, Data_cad FROM Analise WHERE Cod_proj =
    $cod_proj ORDER BY Data_cad DESC");
    while ($ana = mysql_fetch_array($sql)) {
        echo "<ul class = 'ana'>";
        echo "<p><li><a href = consulta.php?anl = ".$ana['Cod_ana']. ">".$ana['Data_cad']. "
        </a></li></p>";
        echo "</ul>";
    }
}

$sql = mysql_query("SELECT Cod_proj, Sist_reg FROM Projeto WHERE Cod_proj > 56 ORDER
BY Data_cad DESC");
while ($sr = mysql_fetch_array($sql)) {
    $cod_proj = $sr['Cod_proj'];
    echo "<ul class = 'sr'>";
    echo "<strong><li>".$sr['Sist_reg']. "</li></strong>";
    Analise($cod_proj);
    echo "</ul>";
}
```

Fig. 14: *Script* de recuperação do código de uma análise e envio ao arquivo consulta.php

<sup>2</sup> conjunto de caracteres de entrada para um navegador *web* ou computador e enviados para um programa de consulta a fim de recuperar informações específicas a partir de um banco de dados (ROUSE, 2006).

Essas tabelas e gráficos também são gerados e apresentados durante uma simulação, isto é, no momento em que o usuário efetua uma análise sem estar conectado ao banco de dados.

- Comparações

O processo de comparação inicializa-se com um mecanismo *Ajax* disparado pelo botão “Compare analyzes” presente na interface, que percorre o DOM à procura de componentes *checkbox* marcados e armazena os códigos das análises vinculadas a cada um desses elementos numa variável do tipo vetor denominada “anl”. Através de um comando condicional verifica-se o comprimento do vetor. Se nenhum, um, quatro ou mais desses elementos forem encontrados, uma mensagem é apresentada ao usuário solicitando a marcação dos *checkbox* na quantidade correta, caso contrário, redimensiona-se a página que irá mostrar os resultados da análise e invoca-se o arquivo *cstgraf.php* através do método *load* da biblioteca *jQuery*, passando o vetor como parâmetro. Este arquivo, que possui os *scripts* de consulta e comparação das análises, por sua vez, realiza a chamada ao arquivo *consultas.php*, armazenado na pasta *emergy/php/lógica*, que representa a camada de regras de negócio e contem as cláusulas SQL de acesso e manipulação do banco de dados, evidenciando a separação entre camadas. O código desse mecanismo é ilustrado pela Fig. 15.

```

$("#btCmp").click(function() {
    var anl = $.map($(':checkbox:checked'), function(e, i) {
        return +e.value;
    });
    switch (anl.length) {
        case (0): case (1): {
            alert("Select two or three analyzes for comparison.");
            return false;
        }
        case (2): case (3): {
            $("#container").css('height', '145%');
            ($("#corpo").load("cstgraf.php", {analises: anl}));
            return false;
        }
        default: {
            alert("Only two or three analyzes can be compared.");
            return false;
        }
    }
});

```

Fig. 15: Mecanismo Ajax de validação dos *checkbox* e chamada ao arquivo *cstgraf.php*

O arquivo *cstgraf.php* possui, além da marcação XHTML, funções PHP que serão utilizadas na montagem de cada uma das estruturas de apresentação dos

dados comparados. Para cada sistema regional, uma consulta SQL retorna os valores dos respectivos indicadores a serem repassados para as funções geradoras das estruturas de apresentação, a exemplo da função `g_Esi_Ref`, e que no caso dos gráficos, esperam dois parâmetros com os valores de plotagem, no caso da comparação entre dois sistemas regionais apenas, ou três parâmetros no caso da comparação entre três sistemas, segundo a quantidade de elementos presentes no vetor constante do arquivo `index.php`, que define a *home page*. Um exemplo dessas consultas e das chamadas a essas funções pode ser visto na Fig. 16.

```
<?php
  $sr1 = mysql_query("SELECT p.Sist_reg, i.R, i.N, i.Ftotal, i.U, i.PE, i.FFI, i.lme, i.E_l, i.FRR, i.FRE, i.FSI, i.FRG, i.Uso_area,
    i.Uso_pess, i.CC, i.CC_desenv, i.RUE, i.CPP, i.IDH, i.PIB, i.Pop, i.Dolar, i.ESI, i.EIR, i.ELR, i.EMR, i.EYR
    FROM Indicadores AS i INNER JOIN Analise AS a ON i.Cod_analise = a.Cod_ana INNER JOIN Projeto AS p ON
    a.Cod_proj = p.Cod_proj WHERE i.Cod_analise = $an[0]") or die(mysql_error());

  $sr2 = mysql_query("SELECT p.Sist_reg, i.R, i.N, i.Ftotal, i.U, i.PE, i.FFI, i.lme, i.E_l, i.FRR, i.FRE, i.FSI, i.FRG, i.Uso_area,
    i.Uso_pess, i.CC, i.CC_desenv, i.RUE, i.CPP, i.IDH, i.PIB, i.Pop, i.Dolar, i.ESI, i.EIR, i.ELR, i.EMR, i.EYR
    FROM Indicadores AS i INNER JOIN Analise AS a ON i.Cod_analise = a.Cod_ana INNER JOIN Projeto AS p ON
    a.Cod_proj = p.Cod_proj WHERE i.Cod_analise = $an[1]") or die(mysql_error());

  $an1 = mysql_fetch_array($sr1);
  $an2 = mysql_fetch_array($sr2);

  g_Esi_Ref($an1['ESI'], $an1['Sist_reg'], $an2['ESI'], $an2['Sist_reg']);
  g_Ren_Ref($an1['FRR'], $an1['Sist_reg'], $an2['FRR'], $an2['Sist_reg']);
  g_Eyr_Ref($an1['EYR'], $an1['Sist_reg'], $an2['EYR'], $an2['Sist_reg']);
  g_Elr_Ref($an1['ELR'], $an1['Sist_reg'], $an2['ELR'], $an2['Sist_reg']);
?>
```

Fig. 16: Recuperação de indicadores e chamadas às funções geradoras dos gráficos comparativos

### 3.3.4 Camada de apresentação

A camada de apresentação é formada pelos arquivos `index.php`, `layout.php`, `usuários.php`, `projetos.php`, `grupos.php`, `recursos.php`, `fluxos.php`, `transf.php`, `dados.php`, `consulta.php`. Esses arquivos compõem a interface gráfica de usuário (GUI) através da qual o usuário interage com o programa, fornecendo as entradas e recebendo as saídas. Cada um desses arquivos está associado a um ou mais arquivos CSS, responsáveis pela estilização do conteúdo apresentado nas páginas.

#### 3.3.4.1 Entrada de dados

Os arquivos relacionados à entrada de dados são responsáveis por receber os dados do usuário na interface e repassá-los para os arquivos na camada lógica.

### 3.3.4.1.1 Arquivo *index.php*

Este arquivo contém o código PHP e a marcação XHTML da página principal do aplicativo (*home page*) apresentada na Fig. 17. Nesta página encontra-se uma seção com uma breve descrição do propósito do aplicativo e o componente que recebe o *login* e senha de usuário para conexão com o banco de dados. Uma segunda seção possibilita consultar todas análises armazenadas no banco por um usuário qualquer, além das análises previamente cadastradas do Brasil 2007. Optou-se por apresentar o texto da interface em inglês, incluindo as mensagens disparadas pelo aplicativo.

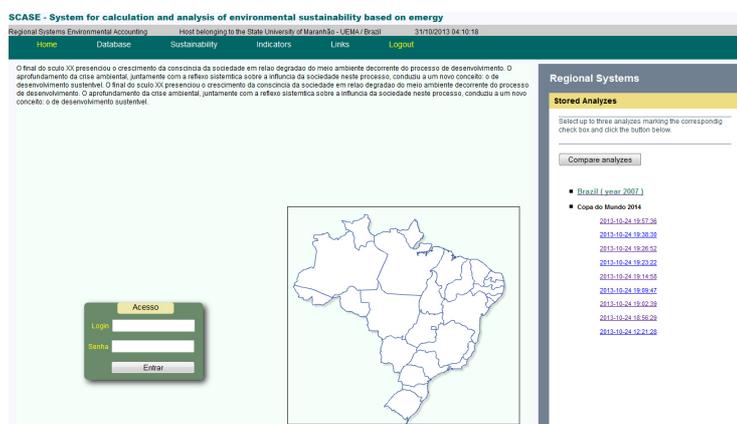


Fig. 17: *Home page* do aplicativo

As variáveis de sessão `$_SESSION['usr_log']` e `$_SESSION['nivel']`, disponibilizadas pelo PHP e presentes neste arquivo, armazenam o status do usuário - logado ou não logado – com o seu nível de acesso (0 ou 1), e comunicam a todas as outras páginas da aplicação, já que o menu principal do programa apresenta-se de forma diferente para um usuário logado em relação àquele não conectado. Então, após um *refresh* de página, o aplicativo precisa saber qual *menu* apresentar ou reapresentar. Conforme pode-se perceber adiante, o comportamento padrão do navegador de sempre atualizar a página foi contornado nas principais páginas do aplicativo com código *jQuery* aliado a técnicas *Ajax*. Ao se *logar* no banco de dados, as variáveis de sessão são vinculadas ao usuário, isto é, essas variáveis são criadas para cada usuário logado. Num primeiro momento pode-se pensar em sobrecarga no servidor e conseqüente perda de performance para uma grande quantidade de usuários logados, porém, optou-se por essa solução por

tratar-se de um *software* com aplicabilidade bastante específica e, portanto, com poucas chances de, num dado instante, milhares de usuários estarem conectados. Uma solução alternativa seria criar um campo na tabela Usuário do banco de dados para armazenar o *status* do usuário (logado ou não), mas isto implicaria em indesejáveis múltiplos acessos ao banco.

#### 3.3.4.1.2 Arquivo *layout.php*

O arquivo *layout.php* divide o *design* das páginas em cabeçalho, corpo e rodapé e apresenta as declarações essenciais a cerca do documento, segundo as normas do W3C, como o *Doctype*, o DTD e a declaração *xmlns*. O cabeçalho é formado por 03 seções: apresentação do *software*, indicação de onde está armazenada a base de dados e o *menu* principal que possibilita acesso a todas funções do aplicativo a partir de qualquer local. O corpo apresenta o conteúdo específico de cada página e o rodapé mostra os direitos de propriedade e algumas outras informações. Todas as outras páginas do aplicativo invocam este arquivo.

#### 3.3.4.1.3 Arquivo *usuários.php*

Um *script* presente neste arquivo recupera os dados de um usuário a partir de um formulário disponibilizado na interface e armazena no banco (Fig. 18). As permissões aplicam-se a dois tipos de usuário:

- Administrador – Usuário de nível 0 (zero) responsável pela administração da base de dados, com permissão total em todas as tabelas. Esse usuário pode cadastrar outros usuários administradores, grupos, recursos e insumos utilizados pelo método, além de possuir as permissões de usuário comum de cadastramento de projetos e entrada de dados;
- Comum – Este usuário (nível 1) possui permissão apenas de cadastrar a si próprio como um novo usuário comum da base de dados, cadastrar um sistema regional, entrar com os dados primários desse SR e alterar o valor das transformidades armazenadas de suas próprias análises.

Um usuário é autenticado por meio de *login* e senha criptografada pelo algoritmo de criptografia *sha1*, que é um algoritmo da família SHA (*Secure Hash Algorithm*), projetado pela *National Security Agency* (NSA) e publicado como um padrão do governo norte americano. É usado numa grande variedade de aplicações e protocolos de segurança. O *sha1* está disponível no PHP e seu uso implica em obter como resultado uma string binária de 160 *bits* com pouquíssimas chances de colisão (VALADARES, 2006). Utiliza-se ainda a função do PHP *mysql\_real\_escape\_string* como forma de eliminar caracteres especiais e evitar, na medida do possível, ataques de *SQL Injection*. No momento do cadastro do usuário, o seu primeiro projeto também pode ser cadastrado, sendo necessário entrar apenas com o nome do sistema regional.

```
<?php
if(isset($_POST['gravar'])) {
    if (empty($_POST['nome']) or empty($_POST['login']) or empty($_POST['senha']) or empty($_POST['nivel']) or
        empty($_POST['sistreg']) or empty($_POST['pib']))
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert(\"Campo obrigatorio com valor invalido !\");
            window.history.go(-1);
        </script>";
    else {
        $nome = $_POST['nome'];$inst = $_POST['inst'];$pais = $_POST['pais'];$cidade = $_POST['cidade'];
        $lograd = $_POST['lograd']; $ddd = $_POST['ddd'];$fonefixo = $_POST['fonefixo'];
        $fonecel = $_POST['fonecel'];$email = $_POST['email'];$login = mysql_real_escape_string($_POST['login']);
        $senha = mysql_real_escape_string($_POST['senha']);$nivel = $_POST['nivel'];$sistreg = $_POST['sistreg'];
        $pop = $_POST['pop'];$pib = $_POST['pib'];$idh = $_POST['idh'];

        require_once("conecta_bd.php");

        $inc_usu = mysql_query("INSERT INTO Usuário (Cod_usu, Nome, Inst, Pais, Cidade, Lograd, DDD,
        Fone_fixo, Fone_cel, Email, Login, Senha, Nivel, Data_cad) VALUES ('', '$nome', '$inst', '$pais', '$cidade',
        '$lograd', '$ddd', '$fonefixo', '$fonecel', '$email', '$login', sha1('$senha'), '$nivel', NOW())"); ?>
    }
}
?>
```

Fig. 18: *Script* de recuperação de dados de usuário e armazenamento com senha criptografada

#### 3.3.4.1.4 Arquivo projetos.php

O código PHP encontrado neste arquivo realiza a leitura dos dados de identificação de um Sistema Regional digitados na interface e os armazena no banco através do *script* da Fig. 19. A dimensão geográfica do espaço a ser analisado é considerada pelo aplicativo como um insumo a ser coletado no formulário de entrada de dados, uma vez que a simulação permite a um usuário efetuar uma análise sem que nenhum acesso ao banco de dados seja realizado.

Não é permitido a um usuário cadastrar dois sistemas regionais com o mesmo nome.

```

<?php
if(isset($_POST['gravar'])) {
    $sistreg = $_POST['sistreg'];
    if ($sistreg == "Entre com o sistema regional")
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert(\"Sistema regional invalido !\");
        </script>";
    else {
        require_once("conecta_bd.php");

        $inc = mysql_query("INSERT INTO Projeto (Cod_proj, Cod_usu, Sist_reg, Data_cad)
            VALUES ('", $cod_usu, '$sistreg', NOW())");
        if ($inc)
            echo "<script type = 'text/javascript'>
                alert('Gravacao de dados realizada com sucesso !');
            </script>";
        else
            if (mysql_errno($con) == 1062)
                echo "<script type = 'text/javascript'>
                    alert(\"Gravacao de dados negada ! Sistema Regional ja cadastrado para o usuário.\");
                </script>";
            else
                die ("Gravacao de dados negada !" .mysql_error());
        }
    }
?>

```

Fig. 19: *Script* de recuperação de dados de SR e armazenamento no banco

### 3.3.4.1.5 Arquivo grupos.php

O arquivo grupos.php carrega o *script* de gravação dos 05 grupos citados anteriormente. A cada um deles o programa atribui um código, variando de 0 a 4, que identifica exclusivamente o grupo, mostrado na Fig. 20, e que será utilizado pelo programa para referenciá-los na marcação XHTML através dos seus respectivos atributos *name* e *id*.

| Grupo                   | Código |
|-------------------------|--------|
| Exportados              | 0      |
| Importados              | 1      |
| Não renováveis          | 2      |
| Renováveis              | 3      |
| Transformações internas | 4      |

Fig. 20: Grupos de recursos e respectivos códigos

A Fig. 21 ilustra o fragmento de código PHP responsável pela recuperação dos valores a partir do formulário presente na interface e gravação desses grupos no banco.

```

<?php
if(isset($_POST['gravar'])) {
    $select = explode('/', $_POST['nomegrp']);
    $simbolo = $select[0];
    $nome = $select[1];
    if ($nome == "Selecione o grupo")
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert(\"Valor invalido !\");
            window.history.go(-1);
        </script>";
    else {
        include ("conecta_bd.php");

        $inc = mysql_query("INSERT INTO Resumo (Cod_grp, Nome_grp, Simbolo) VALUES ('', '$nome', '$simbolo')");

        if (!$inc)
            die ("Gravacao de dados negada ! " .mysql_error());
        else
            echo "<script type = 'text/javascript'>
                alert('Gravacao realizada com sucesso !');
            </script>";
        window.location.href = window.location.href;
    }
}
?>

```

Fig. 21: *Script de recuperação de grupos e armazenamento no banco*

#### 3.1.3.4.6 Arquivo recursos.php

No arquivo recursos.php encontra-se o código PHP de gravação dos recursos sobre os quais os fluxos anuais em energia são calculados. Seguindo o mesmo princípio adotado para os grupos, atribui-se um código para cada recurso formado pela concatenação de duas letras maiúsculas que identificam exclusivamente um fluxo com o código do respectivo grupo. Por exemplo, o fluxo Energia Solar possui o código ES3, onde:

ES = Energia Solar;

3 = Código correspondente ao grupo “recursos renováveis”.

A classificação dos grupos com seus recursos e respectivos códigos é apresentada na Fig. 22.

| Grupo                   | Cód. | Recurso                    | Código |
|-------------------------|------|----------------------------|--------|
| Renováveis              | 3    | Energia solar              | ES3    |
|                         |      | Energia química da chuva   | EQ3    |
|                         |      | Energia potencial da chuva | EP3    |
|                         |      | Energia do vento           | EV3    |
|                         |      | Maré                       | MR3    |
|                         |      | Ondas                      | ON3    |
|                         |      | Calor da terra             | CT3    |
| Não renováveis          | 2    | Gás natural                | GN2    |
|                         |      | Petróleo                   | PT2    |
|                         |      | Perda do solo              | PS2    |
|                         |      | Metais                     | MT2    |
|                         |      | Minerais                   | MN2    |
|                         |      | Carvão                     | CV2    |
|                         |      | Combustíveis               | CB0    |
| Importados              | 0    | Metais                     | MT0    |
|                         |      | Minerais                   | MN0    |
|                         |      | Produção agrícola          | PA0    |
|                         |      | Produção pecuária          | PP0    |
|                         |      | Plástico e borracha        | PB0    |
|                         |      | Químicos                   | QM0    |
|                         |      | Materiais finalizados      | MF0    |
|                         |      | Máquinas e equipamentos    | ME0    |
|                         |      | Serviços                   | SV0    |
| Exportados              | 1    | Combustíveis               | CB1    |
|                         |      | Metais                     | MT1    |
|                         |      | Minerais                   | MN1    |
|                         |      | Produção agrícola          | PA1    |
|                         |      | Produção pecuária          | PP1    |
|                         |      | Plástico e borracha        | PB1    |
|                         |      | Químicos                   | QM1    |
|                         |      | Materiais finalizados      | MF1    |
|                         |      | Máquinas e equipamentos    | ME1    |
|                         |      |                            |        |
|                         |      | Turismo                    | TR1    |
| Transformações internas | 4    | Produção agrícola          | PA4    |
|                         |      | Hidroeletricidade          | HE4    |
|                         |      | Produção de lenha          | PL4    |
|                         |      | Extração florestal         | EF4    |
|                         |      | Pesca                      | PE4    |
|                         |      | Produção pecuária          | PP     |

Fig. 22: Classificação de grupos e recursos com respectivos códigos

A Fig. 23 ilustra o *script* PHP responsável por ler a entrada e armazenar os recursos na respectiva tabela do banco de dados.

```

<?php
if(isset($_POST['gravar'])) {
    $select = explode('/', $_POST['nomefix']); $simbolo = $select[0]; $nome = $select[1]; $smb_grp = $_POST['nomegrp'];
    if ($simbolo != "ES")
        if (($nome == "Selecione o recurso") || ($smb_res == "Selecione o grupo"))
            echo "<script>
                alert('\Recurso ou grupo com valor invalido !'); window.history.go(-1);
            </script>";
        else {
            $smb_rec = $simbolo . $smb_grp;
            $cs_grp = mysql_fetch_object(mysql_query("SELECT Cod_grp FROM Grupo WHERE Simbolo = '$smb_grp'"));
            $inc = mysql_query("INSERT INTO Recurso (Cod_rec, Cod_grp, Nome_rec, Simbolo)
                VALUES ('", $cs_grp->Cod_grp, ', $nome, '$smb_rec')") or die(mysql_error());
        }
    if ($inc)
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert('Gravacao realizada com sucesso !'); window.location.href = window.location.href;
        </script>";
    else
        echo "<script type = 'text/javascript'>
            alert('Gravacao de dados negada !'); window.location.href = window.location.href;
        </script>";
}
?>

```

Fig. 23: *Script* de recuperação de recursos e armazenamento no banco

#### 3.3.4.1.7 Arquivo insumos.php

Este arquivo disponibiliza o *script* PHP de gravação dos 95 recursos utilizados como insumos pelos recursos cujos fluxos anuais estão agrupados em 05 categorias. Por sua vez, este *script* também atribui um código a cada insumo formado pela concatenação de duas letras maiúsculas que identificam exclusivamente um insumo com o código do respectivo recurso. Como exemplos, podem-se citar os códigos PCES3, PCEQ3, PCMR3, associados ao insumo “plataforma continental” e vinculados aos recursos “energia solar”, “energia química da chuva” e “maré” respectivamente, onde, para o primeiro caso:

PC = Plataforma Continental;

ES3 = Código correspondente ao recurso “energia solar”.

A classificação completa, com os grupos, recursos pertencentes a cada grupo e insumos utilizados por cada recurso no cálculo do seu fluxo em energia, com seus respectivos códigos, é apresentada na Fig. 24.

| Grupo      | Cód.  | Recurso                  | Cód.  | Insumo                     | Cód.  | Grupo                   | Cód.  | Recurso                     | Cód.    | Insumo             | Cód.                 |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|------------|-------|--------------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------------|-------|-----------------------------|---------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------|-----------------------|--------------|---------------------|-------------|-----------------------|---------|-------------------|
| Renováveis | 3     | Energia solar            | ES3   | Plataforma continental     | PCE33 | Exportados              | 0     | Metais                      |         | Ouro               | OUMT0                |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       | Área terrestre             | ATES3 |                         |       |                             | Outros  | OTMT0              |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       | Insolação                  | ILES3 |                         |       |                             | Cimento | CMMN0              |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Energia química da chuva | EQ3   | Energia potencial da chuva | EP3   |                         |       | Albedo                      | ALES3   | Minerais           |                      |                      |             | Fósforo               | FFMN0        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Plataforma continental      | PCEQ3   |                    |                      |                      | Potássio    | PTMN0                 |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Área terrestre              | ATEQ3   |                    |                      |                      | Nitrogênio  | NTMN0                 |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Chuva (terra)               | CTEQ3   |                    |                      |                      | Outros      | OTMN0                 |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Energia do vento         | EV3   | Energia do vento           | EV3   |                         |       | Chuva (plataforma)          | CPEQ3   | Produtos agrícolas | PA0                  | Produtos             | PAPA0       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Taxa de evaporação          | TEEQ3   |                    | Produtos de pecuária | PP0                  | Produtos de | PPPP0                 |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Área terrestre              | ATEP3   |                    |                      | Plástico e borracha  | PB0         | Plástico e            | PBPP0        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Chuva (terra)               | CTEP3   |                    | Químicos             |                      | QM0         | Químicos              | PQQM0        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Altitude média           | AMEP3 | Materiais finalizados      | MF0   |                         |       | Madeira                     | MDMF0   |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Taxa de vazão            | TVEP3 |                            |       |                         |       |                             | Papel   | PPMF0              |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Maré                     | MR3   | Ondas                      | ON3   |                         |       | Densidade do ar             | DAEV3   | Máquinas e         | ME0                  | Máquinas e           | MEME0       | Outros                | OTMF0        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Veloc. média anual do vento | VVEV3   |                    |                      |                      |             | Serviços              | SV0          | Serviços            | SVSV0       |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Vento geostrópico           | VGEV3   |                    |                      |                      |             |                       | Combustíveis | CB1                 | Gás natural | GNCB1                 |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Drag coeff.                 | DCEV3   |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             | Derivados de petróleo | DPCB1   |                   |
|            |       | Calor da terra           | CT3   | Calor da terra             | CT3   |                         |       | Plataforma continental      | PCMR3   | Metais             |                      |                      |             | Coal                  | CLCB1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Média da maré               | MMMR3   |                    |                      |                      |             | Alumínio ou           | ABMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Densidade                   | DSMR3   |                    |                      |                      |             | Alumínio              | ALMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Marés por ano               | MAMR3   |                    |                      |                      |             | Minério de ferro      | MFMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Perda do solo            | PS2   | Perda do solo              | PS2   |                         |       | Litoral                     | LTON3   | Aço                |                      |                      |             | Aço                   | ACMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Altura das ondas            | AOON3   |                    |                      |                      |             | Minério de cobre      | MCMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       | Não renováveis           | 2     | Gás natural                | GN2   |                         |       | Área terrestre              | ATCT3   | Importados         | 1                    | Minerais             |             | Ouro                  | OUMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       | Fluxo de calor              | FCCT3   |                    |                      |                      |             | Outros                | OTMT1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       | Petróleo                   | PT2   |                         |       | Petróleo                    | PT2     |                    |                      | Gás natural          | GNGN2       | Produtos agrícolas    | PA1          | Produtos agrícolas  | PAPA1       | MN1                   | Cimento | CMMN1             |
|            |       |                          |       |                            |       |                         |       |                             |         |                    |                      | Área plantada        | APPS2       |                       |              |                     |             |                       |         | Fósforo           |
| Metais     | MT2   |                          |       | Metais                     | MT2   | Perda do solo           | PSPS2 | Produtos de pecuária        | PP1     |                    |                      | Produtos de pecuária | PPPP1       | Potássio              | PTMN1        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Alumínio                | ALMT2 |                             |         |                    |                      |                      |             | Plástico e borracha   | PB1          | Plástico e borracha | PBPB1       |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Minério de ferro        | MFMT2 |                             |         |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             | Químicos              | QM1     | Químicos          |
|            |       |                          |       |                            |       | Cobre                   | COMT2 |                             |         |                    |                      |                      |             | Materiais finalizados | MF1          | Madeira             | MDMF1       |                       |         |                   |
| Ouro       | OUMT2 |                          |       | Máquinas e equipamentos    | ME1   | Máquinas e equipamentos | MEME1 |                             |         |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
| Outros     | OTMT2 |                          |       |                            |       |                         |       | Serviços                    | SV1     |                    |                      | Serviços             | SVSV1       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
| Minerais   | MN2   |                          |       | Minerais                   | MN2   | Adubo                   | ADMN2 |                             |         |                    |                      |                      |             | Turismo               | TR1          | Turismo             | TRTR1       | Outros                | OTMN1   |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Fósforo                 | FFMN2 | Produção agrícola           | PA4     |                    |                      | Produção             | PAPA4       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Potássio                | PTMN2 |                             |         |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             | Hidroeletricidade     | HE4     | Hidroeletricidade |
|            |       |                          |       |                            |       | Nitrogênio              | NTMN2 | Produtos de pecuária        | PP4     |                    |                      | Produtos de pecuária | PPPP4       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
| Carvão     | CV2   |                          |       | Carvão                     | CVCV2 | Alumínio ou bauxita     | ABMT0 |                             |         |                    |                      |                      |             | Pescados              | PE4          | Pescados            | PEPE4       |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Carvão                  | CVCB0 | Derivados de petróleo       | DPCB0   |                    |                      | Coal                 | CLCB0       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
| Exportados | 0     |                          |       | Combustíveis               | CB0   | Alumínio                | ALMT0 | Transformações Internas     | 4       |                    |                      | Produção de lenha    | PL4         | Produção de lenha     | PLPL4        |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Minério de ferro        | MFMT0 |                             |         |                    |                      |                      |             |                       |              | Extração florestal  | EF4         | Extração florestal    | EFEF4   |                   |
|            |       |                          |       |                            |       | Aço                     | ACMT0 |                             |         |                    |                      |                      |             |                       |              |                     |             |                       |         |                   |
|            |       |                          |       | Metais                     | MT0   | Metais                  | MT0   |                             |         |                    |                      | Minério de cobre     | MCMT0       |                       |              |                     |             |                       |         |                   |

Fig. 24: Classificação dos grupos, recursos e insumos utilizados na metodologia

A simbologia adotada para os grupos, recursos e insumos facilita a implementação das rotinas na camada lógica do aplicativo na medida em que fortalece a independência de dados. Isto é particularmente interessante na alteração do nome de um item, seja ele grupo, recurso ou insumo. Essa operação fica inteiramente a cargo do usuário, não havendo necessidade de alteração na camada lógica já que toda referência ao item no código do aplicativo é efetuada por meio do símbolo associado ao nome. Na gravação desses insumos, assim como na de

grupos e recursos, o aplicativo disponibiliza uma lista com esses valores pré-definidos e que não podem ser modificados nem mesmo pelo usuário administrador, isto é, o usuário apenas seleciona um valor da lista. A Fig. 25 mostra o código necessário para essa operação por meio de uma transação MySQL, já que é uma operação que envolve duas tabelas que se configuram como uma só: a tabela Insumo que armazena os nomes dos insumos utilizados na metodologia e a tabela Rec\_Ins, derivada da relação vários para vários existente entre as tabelas Insumo e Recurso, que armazena os valores das chaves primárias dessas tabelas e estabelece o relacionamento entre elas.

```

<?php
if(isset($_POST['gravar'])) {
    $select = explode('/', $_POST['nomeins']);
    $simbolo = $select[0];
    $nome = $select[1];
    $smb_rec = $_POST['nomerec'];
    if (($nome == "Selecione o recurso") || ($smb_rec == "Associe ao fluxo"))
        echo "<script>
            alert('Recurso ou insumo com valor invalido !');
            window.history.go(-1);
        </script>";
    else {
        $smb_ins = $simbolo . $smb_rec;
        mysql_query("START TRANSACTION") or die(mysql_error());
        if (mysql_num_rows(mysql_query("SELECT * FROM Recurso WHERE Simbolo = '$smb_rec'")) == 0)
            mysql_query("INSERT INTO Insumo (Cod_ins, Nome_ins, Simbolo)
                VALUES ('", $nome, "', $smb_rec)") or die(mysql_error());
        $cod_ins = mysql_fetch_object(mysql_query("SELECT Cod_ins FROM Insumo WHERE Simbolo = '$smb_rec'"));
        $cod_rec = mysql_fetch_object(mysql_query("SELECT Cod_rec FROM Recurso WHERE Simbolo = '$smb_rec'"));
        $sql = mysql_query("INSERT INTO Rec_Ins (Cod_rec_ins, Cod_ins, Cod_rec)
            VALUES ('", $cod_ins->Cod_ins, "', $cod_rec->Cod_rec)");
        if ($sql) {
            $grava = mysql_query("COMMIT");
            if ($grava)
                echo "<script type = 'text/javascript'>
                    alert('Gravacao de dados realizada com sucesso !');
                    window.location.href = window.location.href;
                </script>";
            else {
                die ("Gravacao de dados nao autorizada ! ".mysql_error());
                mysql_query("ROLLBACK") or die(mysql_error());
            }
        }
        else
            if (mysql_errno($con) == 1062)
                echo "<script>
                    alert('Gravacao de dados negada ! Insumo ja cadastrado e associado ao recurso.!\");
                    window.history.go(-1);
                </script>";
            else
                die ("Gravacao de dados negada ! ".mysql_error());
    }
}
?>

```

Fig. 25: Leitura e gravação dos insumos na tabela do banco.

### 3.3.4.1.8 Arquivo dados.php

Um dos componentes de destaque na camada de apresentação é o formulário de entrada de dados mostrado na Fig. 26.

Fig. 26: Formulário de entrada de dados

Através desse *form* o usuário digita o valor dos 95 insumos distribuídos nos 5 grupos de recursos, com as transformidades de cada um desses recursos ou de cada insumo que apresenta sua própria transformidade. O painel principal da interface possui apenas 3 componentes, entre eles, um *container tabbed notebook* de 5 abas em que cada aba agrupa os recursos com fluxos em energia do mesmo tipo: renováveis, não renováveis, importados, exportados e transformados. Esse componente foi construído apenas com tecnologia CSS3 e mostra os elementos de uma aba apenas com o movimento do *mouse* sobre ela, dispensando o uso de programação *JavaScript* para conseguir esse comportamento. Uma área da página *default* do *tabbed* foi reservada para entrada dos dados denominados “compartilhados”, que são os recursos “plataforma continental”, “área terrestre” e “chuva (terra)”, cujos valores entram no cálculo de diversos fluxos em energia, a exemplo da “área terrestre” do SR, que é um insumo utilizado no cálculo dos fluxos em energia da “energia solar”, “energia química da chuva”, “energia potencial da chuva”, “energia do vento” e “calor da terra”. Os códigos *JavaScript* ilustrados nas Figuras 27a e 27b e presentes na camada lógica, são exemplos do incremento da usabilidade da interface por meio desta linguagem. O da Fig. 27a transporta automaticamente o valor digitado em um *editbox* de um insumo compartilhado para os outros *editbox* dispostos ao longo da página nos quais esse mesmo insumo também aparece. Estes campos são adequadamente desabilitados a fim de evitar inconsistências e permitir ao aplicativo centralizar a recuperação do valor do recurso compartilhado em um único ponto da página ao invés de varrer o DOM em busca de cada ocorrência, já que esse insumo aparece no cálculo da energia de vários outros fluxos. Isto impede que o usuário digite valores diferentes para o mesmo insumo,

gerando a inconsistência. Uma outra função JS, presente na Fig. 27b, evita o erro de validação por parte do usuário, forçando-o a entrar com os dados primários no formato numérico, exceto pelos caracteres “.”, “+” e o símbolo “e”, usados no padrão científico de números, isto é, o aplicativo não permite que o usuário digite um valor de insumo com números, letras e símbolos especiais, por exemplo, evitando, desta forma, a função de tratar o erro por parte do aplicativo.

```
<script type="text/javascript">
function id(comp) {
    return document.getElementById(comp);
}
function replica(comp, valor) {
    for (i = 0; i < document.forms[0].elements.length; i++)
        if (document.forms[0].elements[i].id == comp)
            document.forms[0].elements[i].value = valor;
}
window.onload = function() {
    id('platcon').onkeyup = function() {
        var valor = this.value;
        replica('Platcon_rep', valor);
    }
    id('areater').onkeyup = function() {
        var valor = this.value;
        replica('Areater_rep', valor);
    }
    id('chuvat').onkeyup = function() {
        var valor = this.value;
        replica('Chuvat_rep', valor);
    }
}
</script>
```

Fig. 27a: Replicação dos dados compartilhados

```
<script type="text/javascript">
function Numero(outros, fire) {
    if (window.navigator.appName == 'Netscape')
        tecla = fire;
    else
        tecla = outros;
    if ((tecla >= 48 && tecla <= 57) || (tecla == 43) || (tecla
        == 46) || (tecla == 45) || (tecla == 08) || (tecla == 0) ||
        (tecla == 11) || (tecla == 127) || (tecla == 69) || (tecla ==
        101))
        return true;
    else
        return false;
}
</script>
```

Fig. 27b: Validação da entrada de dados: formato numérico

No momento em que o usuário dispara o formulário de entrada de dados, a conexão com o banco é testada, e em caso negativo, uma mensagem é exibida informando-o de que apenas uma simulação será realizada.

#### 3.3.4.2 Exibição dos resultados

Através da seção disponibilizada na *home page* e ilustrada na Fig. 28, o aplicativo exibe os resultados das análises em gráficos e tabelas como resposta à ação do usuário sobre os componentes *hiperlinks* e *checkbox* disponibilizados na interface.

### 3.3.4.2.1 Consulta a uma análise

O painel da Fig. 28 permite a um usuário consultar e comparar as análises armazenadas no banco. Cada estado do Brasil aparece como um *hiperlink* que leva ao resultado de sua respectiva análise para o ano 2007 previamente cadastrada. Uma análise qualquer é representada na interface pela sua data de cadastro, visível logo após o nome do sistema regional.

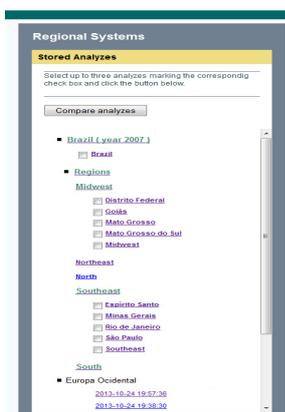


Fig. 28: Painel de consultas e comparações

Esses conteúdos são exibidos ao usuário por meio das tabelas e gráficos. As tabelas apresentam os valores numéricos de alguns parâmetros de avaliação. São elas:

- Tabela Resumo dos Fluxos – Esta tabela mostra os valores da energia, transformidade, emergia e o valor *emdolares* de cada um dos fluxos calculados pelo programa.

Essa tabela é ilustrada na Fig. 29. Daqui por diante, o sistema regional Distrito Federal será usado como exemplo para ilustração dessa, das demais tabelas e dos gráficos gerados pelo aplicativo e apresentados neste trabalho.

SCASE - System for calculation and analysis of environmental sustainability based on emeryg

Regional Environmental Accounting Systems - UEMA - State University of Maracá

Home Database Environmental accounting Indicators Links Logout

Tables

| Regional System  | Recurso                 | Grupo      | Energy          | Transform    | Emeryg     | Embolares |
|------------------|-------------------------|------------|-----------------|--------------|------------|-----------|
| Distrito Federal | Producao agricola       | Exportados | 352796500000000 | 336500       | 1.18539420 | 0         |
| Distrito Federal | Materiais finalizados   | Exportados | 45600000        | 585000000    | 2.667617   | 0         |
| Distrito Federal | Turismo                 | Exportados | 3.51e16         | 0            | 0          | 0         |
| Distrito Federal | Combustiveis            | Exportados | 319727000000000 | 111000       | 3.5489719  | 0         |
| Distrito Federal | Producao pecuaria       | Exportados | 215547000000000 | 336000       | 7.24237420 | 0         |
| Distrito Federal | Maquinas e equipamentos | Exportados | 338000000       | 870000000    | 9.246417   | 0         |
| Distrito Federal | Metais                  | Exportados | 15290000        | 521936000    | 7.980416   | 0         |
| Distrito Federal | Plastico e borracha     | Exportados | 275100000000    | 111000       | 3.0536116  | 0         |
| Distrito Federal | Servicos                | Exportados | 81500000        | 0            | 4.1443419  | 0         |
| Distrito Federal | Minerarias              | Exportados | 1050000         | 160000000    | 1.768815   | 0         |
| Distrito Federal | Quimicos                | Exportados | 240000          | 148000000    | 3.55219    | 0         |
| Distrito Federal | Plastico e borracha     | Importados | 104400000000000 | 111000       | 1.1588419  | 0         |
| Distrito Federal | Servicos                | Importados | 148000000       | 260000000000 | 3.848421   | 0         |
| Distrito Federal | Metais                  | Importados | 8020000         | 168000000    | 1.3473617  | 0         |
| Distrito Federal | Quimicos                | Importados | 753000000       | 1480000000   | 1.11444420 | 0         |
| Distrito Federal | Minerarias              | Importados | 1000000         | 0            | 0          | 0         |

Fig. 29: Tabela Resumo de Fluxos gerada pelo aplicativo

- Tabela Indicadores em Emergia – Apresentam-se os valores calculados (em seJ/ano) para os 06 principais indicadores de sustentabilidade: ESI, EIR, ELR, EMR, EYR e %R;
- Tabela Outros Indicadores – Mostram-se os valores dos outros 18 indicadores apresentados na Fig. 03 que irão auxiliar na interpretação da sustentabilidade, além dos dados População, PIB, IDH e valor do dólar usado nos cálculos. Utiliza-se a função do PHP *number\_format* para formatar a saída desses valores com 03 casas decimais usando o ponto como separador.

As Figuras 30 e 31 mostram um trecho do *script* PHP de recuperação dos dados desses indicadores e as tabelas geradas como saída respectivamente.

```

<?php
$sql = mysql_query("SELECT p.Sist_reg, i.ESI, i.EIR, i.ELR, i.EMR, i.EYR, i.FRR, i.R, i.N, i.Ftotal, i.U, i.PIB, i.Dolar i.U, i.PE, i.FFI, i.lme, i.E_I,
i.FRR, i.FRE, i.FSI, i.FRG, i.Uso_area, i.Uso_pess, i.CC, i.CC_desenv, i.RUE, i.CPP, i.IDH, i.PIB, i.Pop,
FROM Indicadores AS i INNER JOIN Analise AS a ON i.Cod_analise = a.Cod_ana INNER JOIN Projeto AS p ON a.Cod_proj = p.Cod_proj
WHERE i.Cod_analise >= $li AND i.Cod_analise <= $ls") or die(mysql_error());
echo "<table class = 'otr_ind'>
<thead><tr><th>Regional System</th><th>R * 10<sup>23</sup></th><th>R * 10<sup>23</sup></th><th>N * 10<sup>23</sup></th><th>U * 10<sup>23</sup></th><th>F * 10<sup>23</sup></th><th>F * 10<sup>23</sup></th><th>U * 10<sup>23</sup></th><th>E * 10<sup>23</sup></th><th>E / l</th><th>Fre&nbsp;nbsp;nbsp;(&nbsp;%)</th><th>Fsi&nbsp;nbsp;nbsp;(&nbsp;%)</th><th>Frg&nbsp;nbsp;nbsp;(&nbsp;%)</th><th>Use/area unit * 10<sup>15</sup></th><th>Use percapita * 10<sup>16</sup></th><th>Use percapita /</th><th>C * 10<sup>6</sup></th><th>C * 10<sup>6</sup></th><th>Rue /</th><th>C * 10<sup>6</sup></th><th>C dev. * 10<sup>6</sup></th><th>IDH</th><th>GDP</th><th>Population</th><th>Dolar</th></tr></thead>";
while ($lin = mysql_fetch_array($sql)) {
echo "<tr>";
echo "<td>".number_format($lin['ESI'],3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['EIR'],3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['ELR'],3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['EMR']/1e+12,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['EYR'],3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['FRR'] * 100,3,'.')."</td>";
echo "<td>".$lin['Sist_reg']. "</td>"; echo "<td>".number_format($lin['R']/1e23,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['N']/1e23,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['Ftotal']/1e23,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['U']/1e23,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['PE']/1e23,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['FFI'] * 100,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['lme']/1e23,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['E_I'],3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['FRE'] * 100,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['FSI'] * 100,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['FRG'] * 100,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['Uso_area']/1e15,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['Uso_pess']/1e16,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['CC']/1e6,3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['CC_desenv']/1e6,3,'.')."</td>";
echo "<td>".number_format($lin['RUE'],3,'.')."</td>"; echo "<td>".number_format($lin['CPP']/1e15,3,'.')."</td>";
echo "<td>".$lin['IDH']. "</td>"; echo "<td>".$lin['PIB']. "</td>"; echo "<td>".$lin['Pop']. "</td>"; echo "<td>".$lin['Dolar']. "</td>";
echo "</tr>";
}
echo "</table>";
?>

```

Fig. 30: *Script* PHP com SQL de apresentação dos indicadores em emergia de um SR

**ICASE - System for calculation and analysis of environmental sustainability based on energy**  
Regional Environmental Accounting Systems - UEMA - State University of Maranhão

Home Database Environmental accounting Indicators Links Logout

Tables

Energy accounting Energy Indicators Other indicators

| Regional System  | ESI   | EIR   | ELR    | EMR   | EYR   | % R   |
|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Distrito Federal | 0.550 | 0.188 | 11.510 | 0.509 | 6.330 | 7.993 |

Fig. 31a: Tabela Indicadores em Emergia

Tables

Summary flows Indicators in energy Other indicators

| Regional System  | R * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | N * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | F * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | U * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | Pe * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | Ffi (%) | I - E * 10 <sup>23</sup><br>(eq. year) | E/I   | Fre (%) |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------|--|-------|---------|
| Distrito Federal | 0.023                              | 0.215                              | 0.045                              | 0.282                              | 0.009                               | 84.202  | 0.035                                  | 0.210 | 15.798  |

Fig. 31b: Tabela Outros Indicadores

Os gráficos são representações que proporcionam uma melhor visualização e compreensão do comportamento das variáveis utilizadas, isto é, dos indicadores e dos fluxos em emergia. O *software* apresenta os seguintes gráficos:

- b1) Gráfico Assinatura ambiental – O objetivo deste gráfico, ilustrado na Fig. 33, é mostrar o valor da emergia de cada fluxo que compõem os recursos renováveis, não renováveis, importados e transformados, do sistema regional analisado, em forma de gráfico de barras. Cada barra representa o valor da emergia de um fluxo. Divide-se o valor de cada fluxo por uma constante igual a  $10^{23}$ , uma vez que os métodos de geração de gráfico do *pChart*, a exemplo do *drawBarChart* utilizado, estabelecem um *range* de valores na representação dos dados, não conseguindo representar valores muito grandes. Essa informação está presente no gráfico como texto descritivo no eixo das ordenadas. A Fig. 32 mostra o código de geração da Assinatura Ambiental como um exemplo de um *script* PHP de geração de um gráfico por meio das funções *pChart*. A biblioteca exigiu a inclusão dos arquivos *pData.class.php*, *pDraw.class.php*, *plmage.class.php* e *pPie.class.php*. Nesse exemplo, uma consulta SQL recupera o valor da emergia dos fluxos e um laço *while* os divide pela constante, que a seguir são passados como parâmetros para o método *AddPoints* do *pChart*. Esse método encarrega-se de plotar os valores no gráfico.

```

<?php
function g_Ass_Amb($ana) {
    $mergia = mysql_query("SELECT Simb_flx, Energia AS emr FROM Fluxo WHERE Cod_ana = $ana") or die(mysql_error());
    $p = 1e23;
    while ($rec = mysql_fetch_array($mergia)){
        $simb = $rec['Simb_flx'];
        switch ($simb) {
            case 'ES3': {$es3 = $rec['emr']/$p; break;} case 'EP3': {$ep3 = $rec['emr']/$p; break;} case 'EQ3': {$eq3 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'EV3': {$ev3 = $rec['emr']/$p; break;} case 'MR3': {$mr3 = $rec['emr']/$p; break;} case 'ON3': {$on3 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'CT3': {$ct3 = $rec['emr']/$p; break;} case 'GN2': {$gn2 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PT2': {$pt2 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'PS2': {$ps2 = $rec['emr']/$p; break;} case 'MT2': {$mt2 = $rec['emr']/$p; break;} case 'MN2': {$mn2 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'CV2': {$cv2 = $rec['emr']/$p; break;} case 'CB1': {$cb1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'MT1': {$mt1 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'MN1': {$mn1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PA1': {$pa1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PP1': {$pp1 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'PB1': {$pb1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'QM1': {$qm1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'MF1': {$mf1 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'ME1': {$me1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'SV1': {$sv1 = $rec['emr']/$p; break;} case 'TR1': {$tr1 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'PA4': {$pa4 = $rec['emr']/$p; break;} case 'HE4': {$he4 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PL4': {$pl4 = $rec['emr']/$p; break;}
            case 'EF4': {$ef4 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PE4': {$pe4 = $rec['emr']/$p; break;} case 'PP4': {$pp4 = $rec['emr']/$p; break;}
        }
    }
    $dados = new pData();
    $dados->AddPoints(array($es3,$eq3,$ep3,$ev3,$on3,$mr3,$ct3,$he4,$pa4,$pp4,$pe4,$pl4,$ef4,$gn2,$pt2,$cv2,$mn2,$mt2,$ps2,$cb1,
        $mt1,$mn1,$pa1,$pp1,$pb1,$qm1,$mf1,$me1,$sv1),"renewable ");
    $dados->AddPoints(array("Solar energy","Rain's chemical energy","Rain's potential energy","Wind's energy","Waves","Tide","Earth's heat",
        "Hydroelectricity","Farm products", "Livestock","Fishery","Fuelwood", "Forest extraction","Natural gas","Oil","Coal","Minerals","Metals","Loss of
        soil","Fuel","Metals","Minerals",
        "Farm products","Livestock Products","Plastic and rubber","Chemical","Finalized materials","Machines and equipments","Imported services"),
        "fluxos");
    $dados->addPoints(array(0),"internal transformations ");$dados->addPoints(array(0),"nonrenewable ");
    $dados->addPoints(array(0),"imported "); $dados->setPalette("renewable ",array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100));
    $dados->setPalette("internal transformations ",array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100));
    $dados->setPalette("nonrenewable ",array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100));
    $dados->setPalette("imported ",array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100)); $dados->setAbscissa("fluxos");
    $grafico = new pImage(700,390,$dados);
    $grafico->drawGradientArea(0,0,700,390,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>100,"StartG"=>100,"StartB"=>100,
        "EndR"=>0,"EndG"=>0,"EndB"=>0,"Alpha"=>100));
    $grafico->drawGradientArea(0,0,700,20,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>0,"StartG"=>0,"StartB"=>0,"EndR"=>50,
        "EndG"=>50,"EndB"=>50,"Alpha"=>100));
    $grafico->drawText(10,16,"Environmental Signature",array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"FontName"=>"fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>12));
    $grafico->setGraphArea(70,90,680,290); $grafico->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>7));
    $dados->setAxisName(0,"sej / year * e+23");
    $grafico->setFontProperties(array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"FontName"=>"fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>8));
    $grafico->drawScale(array("AxisR"=>255,"AxisG"=>255,"AxisB"=>255,"DrawSubTicks"=>TRUE,"LabelRotation"=>45,"CycleBackground"=>TRUE,
        "BackgroundR1"=>0,"BackgroundG1"=>128,"BackgroundB1"=>255,"BackgroundAlpha1"=>3));
    $cores = array("0"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100), "1"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100),
        "2"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100), "3"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100), "4"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100),
        "5"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100), "6"=>array("R"=>188,"G"=>224,"B"=>46,"Alpha"=>100), "7"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100),
        "8"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100), "9"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100), "10"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100),
        "11"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100), "12"=>array("R"=>230,"G"=>115,"B"=>0,"Alpha"=>100), "13"=>array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,
        "Alpha"=>100), "14"=>array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100), "15"=>array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100),
        "16"=>array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100), "17"=>array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100), "18"=>
        array("R"=>40,"G"=>148,"B"=>255,"Alpha"=>100), "19"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100),
        "20"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "21"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "22"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100),
        "23"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "24"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "25"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100),
        "26"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "27"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100), "28"=>array("R"=>255,"G"=>53,"B"=>53,"Alpha"=>100));
    $grafico->setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/tahoma.ttf","FontSize"=>8));
    $grafico->drawLegend(300,50,array("Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL));
    $dados->removeSerie("internal transformations ");
    $dados->removeSerie("nonrenewable ");
    $dados->removeSerie("imported ");
    $grafico->drawBarChart(array("Surrounding"=>10,"OverrideColors"=>$cores));
    $grafico->Render("graficos/ass_amb.png");
}??

```

Fig. 32: Script PHP com funções pChart de geração do gráfico Assinatura Ambiental

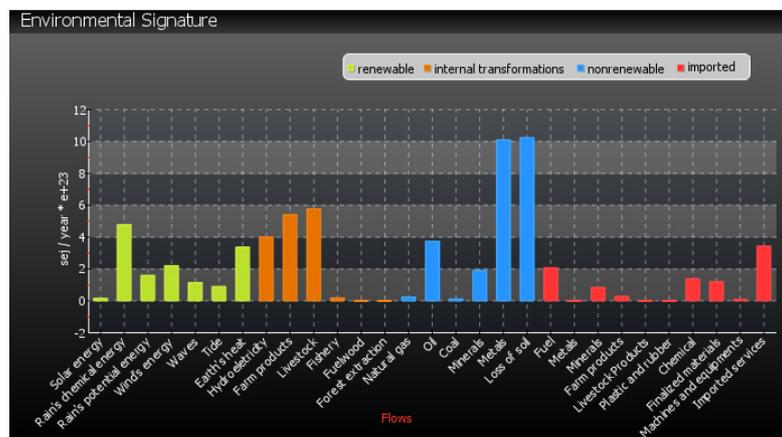


Fig. 33: Gráfico Assinatura Ambiental

## b2) Gráficos comparativos de indicadores com os valores de referência

- Gráfico Indicador ESI e Referências – Este gráfico, apresentado na Fig. 34, permite comparar o valor ESI encontrado para o sistema regional com o valor de referência da sustentabilidade segundo alguns autores. Como parâmetros, utilizam-se os valores de referência encontrados em Guarnetti *et al. apud* Brown e Ulgiati (2007), onde:

ESI < 0 = não sustentável;

0 < ESI < 5 = sustentável no médio prazo e;

ESI > 5 = sustentável no longo prazo.

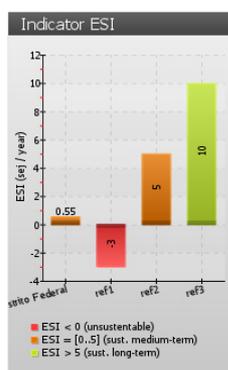


Fig. 34: Gráfico comparativo entre o indicador ESI e valores de referencia

- Gráfico Renovabilidade (% R) – Através deste gráfico, ilustrado na Fig. 35, o usuário pode comparar o percentual de uso do segundo indicador em sustentabilidade mais utilizado com o valor de referência encontrado na literatura. Utiliza-se o valor encontrado em Kamyia (2005) como referência.

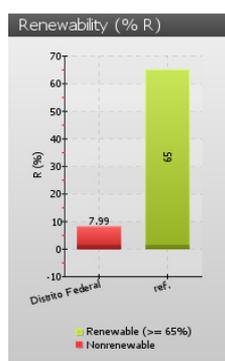


Fig. 35: Gráfico comparativo entre o percentual de uso dos recursos renováveis (% R) e o valor de referencia

- Gráfico Rendimento em Energia (EYR) – A Figura 36 apresenta o gráfico em barras que traz a comparação do indicador de aproveitamento dos recursos (EYR) com o seu valor de referência. Na geração deste gráfico também utiliza-se o valor encontrado em Kamyia (2005) como referência.

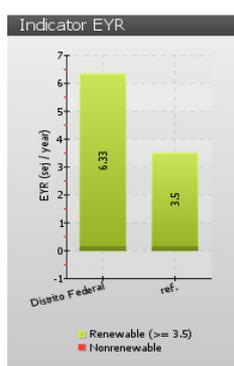


Fig. 36: Gráfico comparativo entre o indicador EYR e o valor de referencia

- Carga Ambiental (ELR) – O gráfico em barras da Fig. 37 permite comparar o valor em energia encontrado para a pressão das atividades humanas sobre o sistema regional com o valor de referência encontrado em Demétrio (2011).

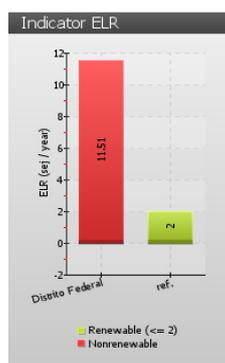


Fig. 37: Gráfico comparativo entre o indicador ELR e o valor de referencia

### b3) Gráficos comparativos de indicadores entre si

- Gráfico comparativo entre o ESI, EYR e ELR – A idéia subjacente a este gráfico, apresentado na Figura 38, é mostrar uma comparação entre o índice de sustentabilidade em razão do aproveitamento dos recursos ambientais e do consumo destes nos sistemas locais, isto é,

apresentar o principal indicador de sustentabilidade com as variáveis que o definem. A otimização do ESI pressupõe a maximização do EYR e a minimização do ELR, ou seja, quanto maior o ESI maior será a contribuição do Sistema Regional para a sustentabilidade do sistema regional analisado e conseqüentemente do planeta. O gráfico informa que a situação ideal apresenta-se quando os valores de ESI e EYR forem iguais. Isto implica dizer, necessariamente, que nessa situação, o valor do ELR tende a desaparecer do gráfico, isto é, tende a zero. Por outro lado, um esgotamento do ecossistema local apresentaria um alto valor para o ELR e pequenos valores para o ESI e EYR. O gráfico permite ao usuário rapidamente perceber a relação existente entre esses 03 indicadores.

- Gráfico comparativo entre o ESI, EIR, IDH – Este gráfico (Fig. 38) permite comparar o valor da sustentabilidade existente no desenvolvimento econômico com o índice de desenvolvimento humano. Este índice possui três dimensões básicas: uma vida longa e saudável, conhecimento e um nível de vida digno. É uma forma de mensurar o desenvolvimento humano, ou seja, de saber se os anseios do ser humano aparecem como forma central do desenvolvimento (MARQUES, 2006). O gráfico também informa se o investimento ambiental nesse sistema regional apóia-se, principalmente, em recursos provenientes da economia ou em recursos gratuitos da natureza.
- Gráfico comparativo entre o EMR e o PIB – Através deste gráfico (Fig. 38) pode-se comparar o custo, em moeda internacional, de toda energia utilizada pelo Sistema (EMR), com a riqueza gerada por ele segundo o valor do Produto Interno Bruto (PIB) encontrado em GIANNETTI *et al.* (2013). Este indicador demonstra o valor de todos os bens e serviços finais produzidos no sistema durante um certo período de tempo (IBGE, 2012).

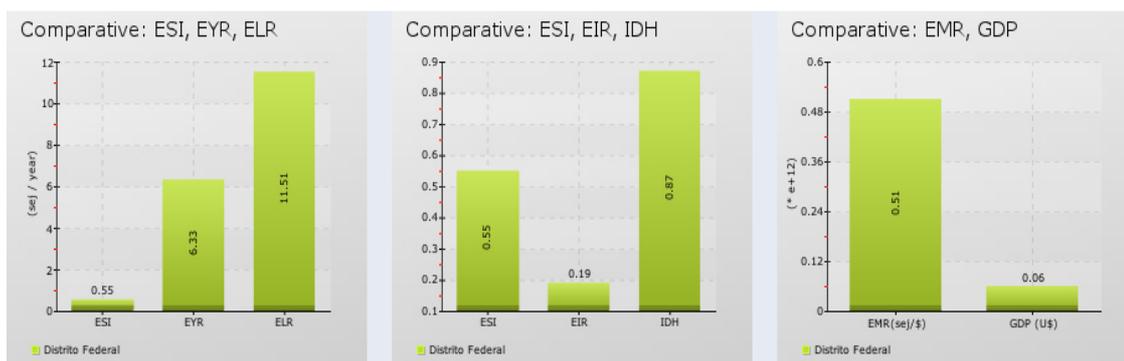


Fig. 38: Gráficos comparativos entre os indicadores ESI, EYR, ELR, EIR, IDH, EMR e GDP

#### b4) Gráficos apresentando o uso dos recursos

- Gráfico com o percentual de uso dos recursos R, N e F. Este gráfico, ilustrado pela Fig. 39, apresenta o percentual de uso de cada um dos três tipos de recursos encontrados no SR: recursos renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F). Pode-se perceber com precisão e rapidez a proporção de recursos consumidos pelo SR e se existe um predomínio de consumo de recursos renováveis, situação que caracteriza um sistema regional sustentável.
- Gráfico mostrando a razão R / N – Neste gráfico (Fig. 39) percebe-se a relação existente entre o consumo de recursos renováveis e os não renováveis. Quanto maior o valor de R e menor o valor de N maior será a razão entre os indicadores, e conseqüentemente, mais sustentável é o desenvolvimento na região analisada uma vez que, nessa situação, o SR consome uma grande quantidade de recursos que são repostos pela natureza em detrimento ao consumo de recursos que não se renovam.

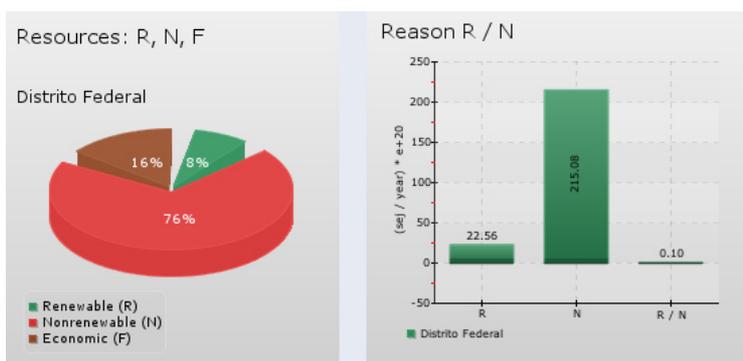


Fig. 39: Gráficos apresentando o uso dos recursos R, N e F

### 3.3.4.2.2 Comparação entre análises

A comparação é realizada para duas ou, no máximo, três análises, quer do mesmo sistema regional ou de sistemas regionais distintos. O código para esta ação é disparado por um mecanismo Ajax, que realiza a validação do número de *checkbox* marcados pelo usuário na interface, conforme descrito na subseção 3.3.3.4, e invoca o arquivo contendo os *scripts* de construção das tabelas e gráficos comparativos apresentados na Fig. 40. Nessa ilustração percebe-se a comparação realizada pelo *software* entre as análises dos sistemas regionais São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, estados da região sudeste do Brasil, referentes ao ano 2007 e previamente cadastradas no banco de dados. Através dessa representação, um usuário pode facilmente perceber o baixo nível de sustentabilidade nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro conforme o valor do indicador ESI desses estados, enquanto que em Minas Gerais a degradação do meio ambiente ocorre em menor proporção. Isto se deve antes pela maximização do rendimento em energia (EYR) do que pela carga ambiental (ELR), já que Minas Gerais possui um valor de ELR = 5.59, maior que o Rio de Janeiro e próximo ao de São Paulo, sistema regional cujas atividades humanas apresenta o maior impacto sobre o ecossistema local.

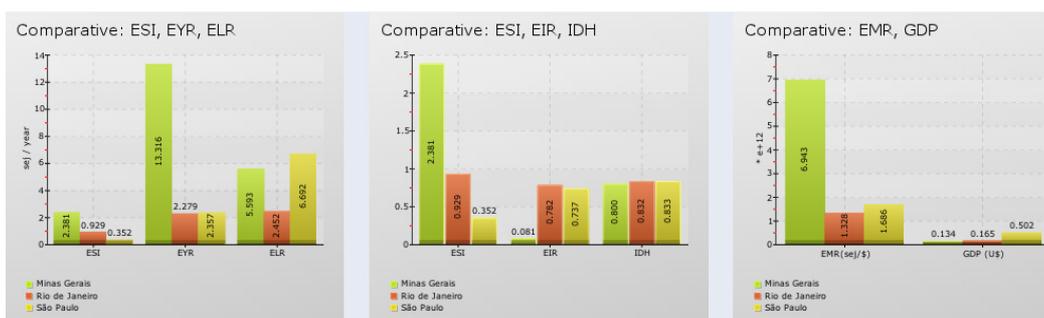


Fig. 40: Gráficos comparando os indicadores de três sistemas regionais

Algumas outras informações que os usuários podem rapidamente extrair dos gráficos são:

- Os sistemas regionais apresentam praticamente o mesmo IDH, no entanto Minas Gerais possui baixo valor de investimento em energia (EIR) e conseqüentemente agride menos o meio ambiente;
- Essa idéia é reforçada pelo valor da relação energia - dinheiro mundial. No gráfico que compara o EMR com o GDP, percebe-se um alto valor de EMR para Minas Gerais em relação aos outros dois sistemas, indicando que o desenvolvimento nesse sistema regional não utiliza tanto os recursos provenientes da economia quanto São Paulo e Rio de Janeiro.

### 3.3.5 Camada cliente

A camada cliente é representada pelos *browsers* de internet. O desenvolvimento não levou em consideração uma correta renderização dos conteúdos por parte do navegador Internet Explorer, mesmo em sua versão 9, uma vez que este navegador não obedece rigidamente as diretrizes de desenvolvimento *web* da W3C e ainda não reconhece a maioria das propriedades existentes na versão 3 da tecnologia CSS (CSS3). Diversos *hacks* voltados para este *browser* devem ser implementados a fim de permitir que o conteúdo das páginas seja apresentado corretamente. Ressalta-se que não foram realizados testes na versão 10 desse *browser*. É possível que nessa versão os problemas relacionados à tecnologia CSS3 já estejam resolvidos. Nos navegadores *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Safari* e *Ópera*, entre outros, a renderização dos conteúdos aconteceu de forma eficiente. A preferência por estes navegadores em detrimento ao IE foi adotada em virtude de, nos dias atuais e em conjunto, possuírem a maioria esmagadora de participação no mercado (THE ECONOMIST, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes apresentaram os resultados esperados para o cálculo dos fluxos e indicadores em energia de um sistema regional qualquer, assim como para geração e apresentação dos dados nos gráficos e tabelas. O cálculo dos fluxos e indicadores realizado pelo *software* para os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal apresentou praticamente os mesmos resultados daqueles encontrados em Demétrio (2011), considerando-se os mesmos valores dos insumos de entrada. Essa comparação permite estabelecer um alto grau de eficiência do aplicativo no cálculo dos fluxos e indicadores segundo a metodologia adotada. As tabelas comparando os valores da energia dos fluxos e indicadores podem ser encontradas no apêndice ao final deste trabalho.

Um aspecto a ser considerado na implementação diz respeito à dificuldade de se encontrar parâmetros numéricos de sustentabilidade na literatura. Utilizaram-se valores aproximados para os indicadores %R e EYR, extraídos a partir das representações gráficas existentes no trabalho de Kamiya (2005) como forma de efetuar a análise comparativa dos resultados encontrados pelo aplicativo com prováveis valores de referência. Para o indicador ESI e ELR utilizaram-se os parâmetros numéricos de sustentabilidade disponíveis no trabalho de Demétrio (2011).

A implementação foi norteadada por alguns princípios, como a minimização da sobrecarga no banco, deixando a cargo da aplicação algumas operações que, de outro modo, seriam objeto de junções adicionais nas instruções SQL com provável perda de desempenho e optando-se, também, por não armazenar os valores dos insumos de entrada, evitando desta forma, um número razoável de acessos ao banco. Entretanto, a verificação efetiva da performance do aplicativo somente poderá ser realizada com a execução em seu ambiente real, isto é, após a hospedagem das camadas no(s) servidor(es) e acesso ao aplicativo a qualquer momento via *internet*.

As tecnologias de código aberto voltadas para internet mostraram-se apropriadas para o desenvolvimento do *software* e ofereceram um conjunto de

recursos que facilitaram o desenvolvimento. Vale enfatizar dois pontos: o primeiro a cerca da biblioteca *pChart*, que não consegue representar um valor muito grande nos gráficos, como é o caso da maioria dos valores encontrados nos cálculos em emergia, entretanto, dividindo-se esses valores por uma constante consegue-se contornar facilmente esse problema, e, segundo, os *hacks* que devem ser implementados para permitir a correta exibição dos conteúdos no navegador Internet Explorer.

Apesar do serviço de validação do XHTML e do CSS, disponibilizado pelo W3C, não ter sido utilizado durante o desenvolvimento do aplicativo, recomenda-se o seu uso a fim de otimizar a marcação e estilização, permitindo a exibição correta dos conteúdos pelos navegadores que respeitem em sua totalidade as regras definidas pelas “*web standards*”.

## 5 CONCLUSÕES

O *software* explora eficientemente a metodologia de cálculo dos fluxos e indicadores em energia de um Sistema Regional qualquer proposta por Sweeney *et al.* e se estabelece como uma ferramenta que pode ser utilizada tanto pela comunidade científica quanto pelos agentes políticos responsáveis por aprovar e implementar políticas públicas comprometidas com questões ambientais.

De acordo com Pereira (2008), ainda não existe um indicador de sustentabilidade que consiga demonstrar de forma inequívoca a situação da realidade ecológica das regiões analisadas. A maioria dos métodos, mesmo os ecológicos, ainda não consegue incorporar nos cálculos muitos conceitos contidos na teoria do desenvolvimento sustentável, principalmente as questões sociais relacionadas ao modelo de produção capitalista empregado na maior parte do mundo, porém acredita-se que esta ferramenta representa um pequeno passo na direção das discussões sobre a mensuração do quanto a sustentabilidade ambiental de uma região está harmoniosamente vinculada ao seu progresso econômico.

## 6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Como um produto em constante evolução, o *software* não está pronto e acabado, e diversas funcionalidades podem ser acrescentadas ou alteradas como melhorias, a exemplo de uma funcionalidade que permita ao usuário escolher em uma lista quais indicadores deseja comparar, ou num nível maior de complexidade, permitir aos usuários estabelecer, dinamicamente, eventuais novas regras ou alterar aquelas já definidas para a metodologia, e aplicá-las no cálculo dos fluxos e indicadores. Isto permitiria que o *software* acompanhasse a evolução das pesquisas sobre o método sem necessidade de alterações na camada lógica.

Uma outra funcionalidade que exige um esforço de programação adicional, seria a integração do aplicativo a um SIG em sua área de trabalho, de tal forma que o evento *onMouseClicked* disparado pelo dispositivo apontador de um usuário sobre uma área de um mapa abriria o formulário de entrada de dados já apresentando a área escolhida como sistema regional a ser analisado e recuperando dados de insumos já cadastrados anteriormente e que não se modificam constantemente ao longo do tempo, como “área terrestre” e “plataforma continental”. Para aquelas regiões já analisadas, o SIG apresentaria os indicadores como um mapa temático, com os valores calculados na última análise efetuada e o nome do respectivo usuário que a realizou.

A remodelagem do aplicativo segundo o paradigma de arquitetura de *software web MVC (Model – View – Controller)* com uma camada de controle entre as camadas lógica e de apresentação também se configura como uma alternativa de aperfeiçoamento e melhorias da manutenibilidade, escalabilidade e expansão do *software*.

Além disso, e mais facilmente, pode-se armazenar os valores dos insumos no banco de dados, permitindo a alteração de um ou mais desses valores pertencentes a uma determinada análise; novas tabelas com outros dados e novos gráficos podem ser adicionados ou substituir os atuais; e funcionalidades de impressão e gravação dos dados em planilhas, arquivos CSV, PDF, e implementação de mecanismos de busca também podem ser implementadas.

## REFERÊNCIAS

BATTISTI, Júlio. **SQL Server 2000: administração e desenvolvimento** – curso completo. 2. ed. Rio de Janeiro: Axcell Books, 2001.

BELLEN, Hans Michael Van. **Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação**. Ambiente & Sociedade, v. 7, n. 1, p. 67, 2004.

BORRIE, Helen. **Dominando o firebird: uma referência para desenvolvedores de bancos de dados**. Ed. Ciencia Moderna Ltda. 2006. 959 p.

CHIBA, C.; NARDI, A. **Desenvolvimento em camadas**. 2007. Disponível em <[http://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/arquitetura/Layers\\_Developing.mspx](http://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/arquitetura/Layers_Developing.mspx)> Acesso em 12 out 2013.

COMAR, M.V.; ORTEGA, E. (Orient.). **Avaliação emergética de projetos agrícolas e agroindustriais: a busca do desenvolvimento sustentável**. 1998. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

COSTANZA, R.; PATTEN, B. C. **Defining and predicting sustainability**. Ecological Economics, n. 15, p. 193-196, 1995.

CRUZ, Ariadne Arrais. **Projeto e Implementação de um framework para weblabs baseado em ajax e padrões de projeto**. Campinas. São Paulo. 2007.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J.; NIETO, T. R. **Internet & world wide web: como programar**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003. 1274 p.

DEMETRIO, F. J. C.; GIANNETTI, B. F. (Orient.). **Avaliação de sustentabilidade ambiental do Brasil com a contabilidade em energia**. 2011. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Paulista. São Paulo.

FLANAGAN, DAVID. **JavaScript: o guia definitivo**. Ed. Bookman. 6. ed. 2013. 1080 p.

GIANNETTI, B. F. *et al.* **Emergy diagnosis and reflections towards Brazilian sustainable development**. Energy Policy, v. 63, p. 1002-101, 2013.

GUARNETTI, R. L. *et. al.* **A Influência da mão de obra na sustentabilidade ambiental do cultivo comercial do bambu**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Paulista, 2007.

HEUSER, Carlos Alberto. **Projeto de banco de dados**. Instituto de Informática da UFRGS. 4. ed. 1998. 206 p.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 19 nov de 2012.

JQUERY, Comunidade de desenvolvedores. **jQuery cookbook**. São Paulo: Novatec, 2010. 496 p.

KAMIYA, Daniel de Souza. **Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo.

MACHADO, Rubens Campos. **Adesso**: ambiente para desenvolvimento de software científico. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2002.

MARQUES, Roseane Barcellos. **Índice de desenvolvimento humano (IDH) no Brasil**: uma avaliação de sua capacidade de retratar a realidade social. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Economia Política) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

MARVUGLIA, A. *et al.* **SCALE**: Software for CALculating Emery based on life cycle inventories. *Ecological Modelling*, n. 248, p. 80-91, 2013.

MILANI, André. **MySQL**: guia do programador. São Paulo: Novatec, 2007. 400 p.

SICHE, J. R. *et al.* **Sustainability of nations by indices**: comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emery performance indices. *Ecological Economics*, p. 628 – 637, 2008.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de banco de dados**. 4. ed. São Paulo: Makron Books. 767 p.

ODUM, H.T. **Self-organization, transformity and information**. *Science* 242, p. 1132–1139. 1988.

ODUM, H.T. **Environmental accounting, emery and decision makin**. John Wiley, New York: Elsevier, 1996.

ODUM, H.T. 2001. **An energy hierarchy law for biogeochemical cycles in emery synthesis**. p. 235-247, ed. by M.T. Brown, Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville, in press.

ORTEGA, E. **Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando valores dos recursos expressos em emergia**. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2002. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acesso em: 02/03/2013.

ORTEGA, E. **O conceito de emergia e a certificação agroecológica com visão sistêmica**. Anais do XIV Curso de Agrobiologia. 15 -19 julho de 2002. Embrapa - Agrobiologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

PEREIRA, Lucas Gonçalves. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso**. 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; MATA, H. T.; **Análise das externalidades negativas no meio ambiente e sustentabilidade na agropecuária**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008. Rio Branco, Acre.

**PHP**. Disponível em: [http://php.net/manual/pt\\_BR/intro-what-is.php](http://php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php). Acesso em: 28 set. 2013.

ROUSE, Margaret. **Querystring**. 2006. Disponível em: <http://what-is.techtarget.com/definition/querystring>. Acesso em 26 set 2013.

SILVA, Mauricio Samy. **Javascript: guia do programador**. São Paulo: Novatec, 2010. 608 p.

SILVA, Mauricio Samy. **Jquery: a biblioteca do programador javascript**. 2. ed. São Paulo : Novatec, 2010. 554 p.

SWEENEY, S. *et al.* **Creation of a global database for standardized national energy synthesis**. Proceedings of Energy Synthesis Conference 4, 23-1, 2009.

The browser wars enter a new era with a whimper. **The Economist**. Disponível em <http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2013/08/daily-chart-4>. Acesso em: 12/09/2013.

VALADARES, F. A. M.; GUERRA, R. Q. (Orient.). **Uma avaliação crítica sobre os ataques às funções md5 e sha1**. 2006. 87 f. Graduação (Ciência da Computação) - Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco.

VANCE, L. *et al.* **Software for synthesizing complete set of pareto efficient designs of energy supply chains according to cost, ecological footprint, and energy**. Aiche Spring Meeting and 9th Global Congress on Process Safety, Conference Proceedings. San Antonio, Texas. United States. 28 april – 2 may 2013.

## APÊNDICE I

**Comparação entre os valores em energia do Brasil em 2007 apresentados pelo software SCASE e os valores encontrados em Demétrio (2011).**

## Região Sul - Fluxos

| Fluxo                        | Grupo            | (1)      | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|------------------------------|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              |                  | RS       | RS      | PR      | PR      | SC      | SC      |
| Energia solar (J)            | Renováveis       | 1,56E+21 | 1,56E21 | 9,56E20 | 9,58E20 | 6,62E20 | 6,63E20 |
| Energia química da chuva (J) | Renováveis       | 5,68E+22 | 5,68E22 | 3,19E22 | 3,20E22 | 2,51E22 | 2,52E22 |
| Energia poten. da chuva (J)  | Renováveis       | 1,11E+22 | 1,11E22 | 1,52E22 | 1,52E22 | 1,01E22 | 1,02E22 |
| Energia do vento (J)         | Renováveis       | 4,51E+22 | 4,47E22 | 3,17E22 | 3,17E22 | 9,53E21 | 9,54E21 |
| Ondas (J)                    | Renováveis       | 1,40E+21 | 3,48E22 | 3,50E21 | 3,50E21 | 1,89E22 | 1,90E22 |
| Maré (J)                     | Renováveis       | 3,47E+22 | 1,40E21 | 4,14E21 | 4,13E21 | 1,07E22 | 1,07E22 |
| Calor da terra (J)           | Renováveis       | 3,05E+22 | 3,06E22 | 2,15E22 | 2,16E22 | 1,03E22 | 1,03E22 |
| Hidroeletricidade (J)        | Transf. Internas | 2,39E+22 | 2,39E22 | 8,91E22 | 8,91E22 | 2,40E22 | 2,40E22 |
| Produção agrícola (J)        | Transf. Internas | 1,10E+23 | 1,10E23 | 1,31E23 | 1,31E23 | 2,87E22 | 2,87E22 |
| Produtos de pecuária e       | Transf. Internas | 6,69E+22 | 6,69E22 | 4,95E22 | 4,95E22 | 2,77E22 | 2,77E22 |
| Outros (J)                   |                  |          |         |         |         |         |         |
| Pescados (J)                 | Transf. Internas | 1,69E+21 | 1,69E21 | 7,88E20 | 7,88E20 | 6,46E21 | 6,49E21 |
| Produção de lenha (J)        | Transf. Internas | 3,05E+20 | 3,07E20 | 5,24E20 | 5,24E20 | 4,20E20 | 4,20E20 |
| Extração florestal (J)       | Transf. Internas | 9,18E+18 | 9,17E18 | 1,78E20 | 1,78E20 | 3,66E19 | 3,65E19 |
| Gás natural (J)              | Não Renováveis   | 0        | 0,00E00 | 8,75E19 | 8,76E19 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                 | Não Renováveis   | 2,96E+22 | 2,96E22 | 3,57E22 | 3,58E22 | 2,05E22 | 2,05E22 |
| Carvão (J)                   | Não Renováveis   | 1,09E+23 | 6,03E21 | 1,51E20 | 1,51E20 | 4,78E21 | 4,78E21 |
| Minerais (g)                 | Não Renováveis   | 1,24E+18 | 7,98E21 | 1,34E22 | 1,35E22 | 7,48E21 | 7,49E21 |
| Metais (g)                   | Não Renováveis   | 7,98E+21 | 1,24E18 | 1,81E19 | 1,81E19 | 1,12E19 | 1,12E19 |
| Perda do solo (g)            | Não Renováveis   | 6,03E+21 | 1,10E23 | 2,62E23 | 2,62E23 | 4,58E22 | 4,58E22 |
| Combustíveis (J)             | Importados       | 4,67E+20 | 4,66E20 | 2,29E22 | 2,29E22 | 6,71E20 | 6,71E20 |
| Metais (g)                   | Importados       | 9,82E+19 | 9,82E19 | 4,95E19 | 4,95E19 | 4,05E20 | 4,05E20 |
| Minerais (g)                 | Importados       | 2,22E+22 | 2,22E22 | 2,31E22 | 2,31E22 | 1,14E21 | 1,14E21 |
| Produtos agrícolas (J)       | Importados       | 3,41E+21 | 3,42E21 | 5,36E21 | 5,36E21 | 4,80E21 | 4,80E21 |
| Produção pecuária (J)        | Importados       | 4,20E+19 | 4,20E19 | 2,51E20 | 2,51E20 | 8,40E20 | 8,40E20 |
| Plástico e borracha (J)      | Importados       | 2,58E+20 | 2,58E20 | 6,98E19 | 6,98E19 | 1,88E20 | 1,88E20 |
| Químicos (g)                 | Importados       | 2,90E+22 | 2,90E22 | 2,25E22 | 2,25E22 | 3,98E21 | 3,98E21 |
| Materiais finalizados (g)    | Importados       | 1,66E+22 | 1,67E22 | 1,30E22 | 1,30E22 | 8,18E21 | 8,18E21 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Importados       | 1,15E+21 | 1,15E21 | 1,18E21 | 1,18E21 | 3,88E20 | 3,88E20 |
| Serviços (\$)                | Importados       | 3,45E+22 | 3,46E22 | 3,06E22 | 3,07E22 | 1,70E22 | 1,70E22 |
| Produtos agrícolas (J)       | Exportados       | 3,69E+22 | 3,69E22 | 5,63E22 | 5,63E22 | 6,87E21 | 6,87E21 |
| Produção pecuária (J)        | Exportados       | 1,70E+22 | 1,70E22 | 1,57E22 | 1,57E22 | 1,78E22 | 1,78E22 |
| Materiais finalizados        | Exportados       | 1,49E+22 | 1,49E22 | 1,16E22 | 1,16E22 | 9,25E21 | 9,25E21 |
| Combustíveis (J)             | Exportados       | 8,05E+21 | 8,05E21 | 5,09E21 | 5,09E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                   | Exportados       | 0        | 0,00E00 | 9,91E20 | 9,91E20 | 1,73E20 | 1,73E20 |
| Minerais (g)                 | Exportados       | 2,09E+20 | 1,84E20 | 3,18E20 | 3,18E20 | 1,97E19 | 1,97E19 |
| Químicos (g)                 | Exportados       | 7,45E+24 | 7,46E21 | 7,05E21 | 7,05E21 | 1,57E20 | 1,57E20 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Exportados       | 2,23E+21 | 2,23E21 | 2,42E21 | 2,42E21 | 2,50E21 | 2,50E21 |
| Plástico e borracha (J)      | Exportados       | 2,43E+20 | 2,43E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,37E19 | 1,37E19 |
| Serviços (\$)                | Exportados       | 5,54E+22 | 5,56E22 | 6,96E22 | 6,95E22 | 2,27E22 | 2,28E22 |

(1) Valores apresentados pelo software SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Sul - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |         | RS     | RS     | PR     | PR     | SC     | SC     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 0,99   | 1,00   | 0,72   | 0,73   | 0,56   | 0,56   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 1,55   | 1,55   | 3,13   | 3,13   | 0,85   | 0,86   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 1,07   | 1,08   | 1,18   | 1,19   | 0,37   | 0,38   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 3,63   | 3,63   | 5,05   | 5,05   | 1,79   | 1,80   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 1,43   | 1,43   | 1,69   | 1,69   | 0,59   | 0,60   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 70%    | 70%    | 76%    | 76%    | 79%    | 79%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -0,34  | -0,35  | -0,59  | -0,50  | -0,21  | -0,22  |
| Exportados / Importados                                   |         | 1,32   | 1,32   | 1,42   | 1,42   | 1,58   | 1,58   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 27,49% | 27,49% | 14,42% | 14,45% | 31,40% | 31,40% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 29,70% | 29,75% | 23,53% | 23,57% | 20,95% | 20,96% |
| Fração de serviços importados                             | %       | 9,51%  | 9,54%  | 6,06%  | 6,08%  | 9,48%  | 9,49%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 58,28% | 58,23% | 66,67% | 66,64% | 60,77% | 60,76% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 12,87  | 12,89  | 25,40  | 25,35  | 18,84  | 18,83  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 3,32   | 3,33   | 4,73   | 4,73   | 2,93   | 2,93   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 3,00   | 3,00   | 1,54   | 1,54   | 1,92   | 1,92   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 24,01  | 24,00  | 12,35  | 12,35  | 15,37  | 15,37  |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,36   | 0,37   | 0,56   | 0,56   | 0,30   | 0,31   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 7,75%  | 7,75%  | 20,74% | 20,75% | 15,77% | 15,74% |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 3,27   | 3,27   | 3,36   | 3,37   | 4,13   | 4,14   |
| EYR   |         | 3,36   | 3,36   | 4,24   | 4,24   | 4,77   | 4,77   |
| ELR   |         | 2,63   | 2,64   | 5,93   | 5,92   | 2,18   | 2,18   |
| EIR   |         | 0,42   | 0,42   | 0,30   | 0,31   | 0,26   | 0,27   |
| ESI   |         | 1,27   | 1,27   | 0,71   | 0,72   | 2,18   | 2,18   |
| IDH   |         | 0,83   | 0,83   | 0,82   | 0,82   | 0,84   | 0,84   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 9,81   | 9,81   | 8,98   | 8,98   | 5,81   | 5,81   |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Sudeste - Fluxos

| Fluxo                        | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              |                  | SP      | SP      | RJ      | RJ      | ES      | ES      | MG      | MG      |
| Energia solar (J)            | Renováveis       | 1,40E21 | 1,40E21 | 4,70E20 | 4,70E20 | 3,78E20 | 3,78E20 | 2,70E21 | 2,70E21 |
| Energia química da chuva (J) | Renováveis       | 4,39E22 | 4,39E22 | 9,23E21 | 9,23E21 | 4,80E21 | 4,80E21 | 4,94E22 | 4,95E22 |
| Energia poten. da chuva (J)  | Renováveis       | 1,66E22 | 1,67E22 | 1,40E21 | 1,40E21 | 7,99E20 | 7,99E20 | 2,78E22 | 2,78E22 |
| Energia do vento (J)         | Renováveis       | 2,48E22 | 2,48E22 | 4,37E21 | 4,37E21 | 4,61E21 | 4,61E21 | 5,86E22 | 5,87E22 |
| Ondas (J)                    | Renováveis       | 2,45E22 | 2,45E22 | 2,75E22 | 2,75E22 | 6,87E21 | 6,87E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Maré (J)                     | Renováveis       | 2,24E22 | 2,23E22 | 3,12E22 | 3,11E22 | 2,20E22 | 2,20E22 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Calor da terra (J)           | Renováveis       | 2,68E22 | 2,69E22 | 4,73E21 | 4,74E21 | 5,00E21 | 5,00E21 | 6,36E22 | 6,36E22 |
| Hidroeletricidade (J)        | Transf. Internas | 7,590E2 | 7,60E22 | 3,38E22 | 3,39E22 | 6,56E21 | 6,56E21 | 7,36E22 | 7,36E22 |
| Produção agrícola (J)        | Transf. Internas | 2,84E22 | 2,84E22 | 1,64E20 | 1,64E20 | 5,24E20 | 5,24E20 | 4,22E22 | 4,24E22 |
| Produtos de pecuária e       |                  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Outros (J)                   | Transf. Internas | 5,38E22 | 5,39E22 | 8,66E21 | 8,67E21 | 9,07E21 | 9,08E21 | 9,48E22 | 9,49E22 |
| Pescados (J)                 | Transf. Internas | 2,35E21 | 2,36E21 | 3,00E21 | 3,01E21 | 9,52E20 | 9,52E20 | 5,93E20 | 5,93E20 |
| Produção de lenha (J)        | Transf. Internas | 4,05E19 | 4,05E19 | 8,17E17 | 7,05E17 | 3,78E18 | 3,78E18 | 5,05E20 | 5,05E20 |
| Extração florestal (J)       | Transf. Internas | 1,30E19 | 1,30E19 | 2,72E17 | 2,73E17 | 6,17E17 | 6,17E17 | 1,43E19 | 1,44E19 |
| Gás natural (J)              | Não Renováveis   | 8,26E20 | 8,27E20 | 2,04E22 | 2,05E22 | 2,46E21 | 2,46E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                 | Não Renováveis   | 1,42E23 | 1,43E23 | 3,07E22 | 3,08E22 | 1,06E22 | 1,06E22 | 5,68E22 | 5,68E22 |
| Carvão (J)                   | Não Renováveis   | 1,07E20 | 1,07E20 | 3,35E19 | 3,36E19 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Minerais (g)                 | Não Renováveis   | 5,06E22 | 5,06E22 | 4,45E21 | 4,45E21 | 7,17E20 | 7,17E20 | 7,44E22 | 7,44E22 |
| Metais (g)                   | Não Renováveis   | 1,21E23 | 1,21E23 | 2,12E19 | 2,12E19 | 3,90E23 | 3,90E23 | 4,98E23 | 4,98E23 |
| Perda do solo (g)            | Não Renováveis   | 5,89E22 | 5,91E22 | 7,33E20 | 7,33E20 | 2,19E21 | 2,19E21 | 8,91E22 | 8,91E22 |
| Combustíveis (J)             | Importados       | 7,34E22 | 7,34E22 | 4,26E22 | 4,26E22 | 1,18E22 | 1,18E22 | 1,18E22 | 1,19E22 |
| Metais (g)                   | Importados       | 9,17E20 | 9,17E20 | 2,00E20 | 2,00E20 | 7,15E20 | 7,15E20 | 2,41E20 | 2,41E20 |
| Minerais (g)                 | Importados       | 8,92E21 | 8,93E21 | 1,67E20 | 1,65E20 | 9,25E20 | 9,24E20 | 6,28E21 | 6,28E21 |
| Produtos agrícolas (J)       | Importados       | 6,23E21 | 6,23E21 | 3,43E21 | 3,43E21 | 1,43E21 | 1,43E21 | 1,92E21 | 1,92E21 |
| Produção pecuária (J)        | Importados       | 1,09E20 | 1,08E20 | 1,62E20 | 1,62E20 | 2,49E20 | 2,49E20 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Plástico e borracha (J)      | Importados       | 5,95E20 | 5,95E20 | 5,50E19 | 5,50E19 | 9,35E19 | 9,37E19 | 1,15E19 | 1,15E19 |
| Químicos (g)                 | Importados       | 3,63E22 | 3,63E22 | 3,34E21 | 3,34E21 | 2,08E21 | 2,08E21 | 2,14E22 | 2,13E22 |
| Materiais finalizados (g)    | Importados       | 6,35E22 | 6,35E22 | 6,58E21 | 6,58E21 | 5,83E21 | 5,82E21 | 5,13E21 | 5,13E21 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Importados       | 2,19E21 | 2,19E21 | 4,67E20 | 4,67E20 | 1,15E21 | 1,15E21 | 9,08E20 | 9,05E20 |
| Serviços (\$)                | Importados       | 1,65E23 | 1,65E23 | 3,26E22 | 3,26E22 | 2,26E22 | 2,26E22 | 2,22E22 | 2,22E22 |
| Produtos agrícolas (J)       | Exportados       | 7,71E22 | 7,71E22 | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,86E20 | 9,86E20 | 1,25E22 | 1,25E22 |
| Produção pecuária (J)        | Exportados       | 7,27E21 | 7,27E21 | 2,52E20 | 2,52E20 | 1,33E20 | 1,33E20 | 4,21E21 | 4,21E21 |
| Materiais finalizados        | Exportados       | 5,16E22 | 5,16E22 | 3,67E21 | 3,68E21 | 3,30E20 | 3,30E20 | 9,35E21 | 9,34E21 |
| Combustíveis (J)             | Exportados       | 4,26E22 | 4,26E22 | 1,48E23 | 1,48E23 | 1,55E21 | 1,55E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                   | Exportados       | 7,36E21 | 7,36E21 | 5,89E21 | 5,89E21 | 7,41E22 | 7,40E22 | 2,27E23 | 2,27E23 |
| Minerais (g)                 | Exportados       | 9,73E19 | 9,73E19 | 3,16E19 | 3,16E19 | 1,44E21 | 1,44E21 | 6,59E20 | 6,59E20 |
| Químicos (g)                 | Exportados       | 2,62E22 | 2,62E22 | 2,13E21 | 2,14E21 | 3,22E22 | 3,20E22 | 4,00E21 | 4,01E21 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Exportados       | 1,01E22 | 1,00E22 | 1,78E21 | 1,77E21 | 1,89E18 | 1,89E18 | 1,27E21 | 1,27E21 |
| Plástico e borracha (J)      | Exportados       | 7,59E20 | 7,59E20 | 2,32E20 | 2,32E20 | 4,01E18 | 4,01E18 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Serviços (\$)                | Exportados       | 8,71E22 | 8,71E22 | 1,84E22 | 1,84E22 | 0,99E23 | 1E23    | 1,26E23 | 1,27E23 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Sudeste - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |         | SP     | SP     | RJ     | RJ     | ES     | ES     | MG     | MG     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 1,09   | 1,10   | 0,63   | 0,63   | 0,29   | 0,34   | 1,40   | 1,41   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 3,76   | 3,77   | 0,59   | 0,59   | 4,06   | 4,07   | 7,18   | 7,19   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 3,58   | 3,57   | 0,96   | 0,90   | 0,46   | 0,47   | 0,69   | 0,70   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 8,45   | 8,44   | 2,19   | 2,12   | 4,83   | 4,88   | 9,29   | 9,30   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 3,10   | 3,10   | 1,81   | 1,81   | 2,10   | 2,10   | 3,86   | 3,86   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 57%    | 58%    | 56%    | 58%    | 90%    | 90%    | 92%    | 92%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | 0,46   | 0,47   | -0,91  | -0,91  | -1,64  | -1,64  | -3,16  | -3,16  |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 0,87   | 0,87   | 2,02   | 2,02   | 4,49   | 4,49   | 5,52   | 5,52   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 13,00% | 13,02% | 28,96% | 29,82% | 6,20%  | 6,94%  | 15,16% | 15,15% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 42,43% | 42,30% | 43,88% | 42,18% | 9,69%  | 9,62%  | 7,51%  | 7,51%  |
| Fração de serviços importados                             | %       | 19,36% | 19,54% | 14,83% | 15,35% | 4,67%  | 4,64%  | 2,38%  | 2,38%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 20,25% | 20,30% | 30,67% | 31,58% | 6,80%  | 7,59%  | 24,86% | 24,84% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 34,10  | 34,00  | 50,14  | 48,60  | 104,91 | 105,82 | 15,83  | 15,86  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 2,04   | 2,04   | 1,36   | 1,33   | 13,86  | 13,98  | 4,64   | 4,64   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 5,38   | 5,39   | 4,63   | 4,77   | 0,21   | 0,24   | 3,03   | 3,03   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 43,00  | 43,10  | 37,00  | 38,19  | 1,71   | 1,94   | 24,27  | 24,27  |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,16   | 0,17   | 0,13   | 0,13   | 1,44   | 1,45   | 0,69   | 0,69   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 10,56% | 10,59% | 18,18% | 18,76% | 1,59%  | 1,58%  | 9,31%  | 9,31%  |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 3,47   | 3,47   | 3,20   | 3,20   | 3,75   | 3,76   | 2,84   | 2,84   |
| EYR   |         | 2,35   | 2,36   | 2,27   | 2,37   | 10,31  | 10,40  | 13,31  | 13,32  |
| ELR   |         | 6,69   | 6,68   | 2,45   | 2,35   | 15,24  | 13,40  | 5,59   | 5,60   |
| EIR   |         | 0,73   | 0,73   | 0,78   | 0,73   | 0,10   | 0,11   | 0,08   | 0,08   |
| ESI   |         | 0,35   | 0,35   | 0,92   | 1,01   | 0,67   | 0,78   | 2,38   | 2,38   |
| IDH   |         | 0,83   | 0,83   | 0,83   | 0,83   | 0,80   | 0,80   | 0,80   | 0,80   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 50,15  | 50,15  | 16,49  | 16,49  | 3,35   | 3,35   | 13,41  | 13,41  |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Centro-Oeste - Fluxos

| Fluxo                             | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|-----------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                   |                  | GO      | GO      | MT      | MT      | MS      | MS      | DF      | DF      |
| Energia solar (J)                 | Renováveis       | 1,55E21 | 1,56E21 | 4,15E21 | 4,15E21 | 1,63E21 | 1,64E21 | 2,66E19 | 2,67E19 |
| Energia química da chuva (J)      | Renováveis       | 4,51E22 | 4,51E22 | 1,62E23 | 1,63E23 | 4,74E22 | 4,74E22 | 9,08E20 | 9,09E20 |
| Energia poten. da chuva (J)       | Renováveis       | 2,18E22 | 2,17E22 | 4,19E22 | 4,19E22 | 1,18E22 | 1,17E22 | 7,18E20 | 7,18E20 |
| Energia do vento (J)              | Renováveis       | 1,02E22 | 1,01E22 | 2,69E22 | 2,68E22 | 4,46E21 | 4,46E21 | 1,72E20 | 1,72E20 |
| Ondas (J)                         | Renováveis       | 0,00E00 |
| Maré (J)                          | Renováveis       | 0,00E00 |
| Calor da terra (J)                | Renováveis       | 3,69E22 | 3,69E22 | 9,80E22 | 9,80E22 | 3,88E22 | 3,87E22 | 6,29E20 | 6,29E20 |
| Hidroeletricidade (J)             | Transf. Internas | 3,45E22 | 3,45E22 | 1,16E22 | 1,16E22 | 2,57E22 | 2,57E22 | 2,71E20 | 2,72E20 |
| Produção agrícola (J)             | Transf. Internas | 5,08E22 | 5,08E22 | 1,08E23 | 1,08E23 | 3,78E22 | 3,78E22 | 2,05E21 | 2,05E21 |
| Produtos de pecuária e outros (J) | Transf. Internas | 8,07E22 | 8,07E22 | 9,94E22 | 9,93E22 | 8,43E22 | 8,44E22 | 9,66E20 | 9,66E20 |
| Pescados (J)                      | Transf. Internas | 5,19E20 | 5,19E20 | 7,90E20 | 7,90E20 | 4,25E20 | 4,25E20 | 3,80E19 | 3,80E19 |
| Produção de lenha (J)             | Transf. Internas | 1,46E20 | 1,44E20 | 4,28E20 | 4,28E20 | 3,04E19 | 3,04E19 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Extração florestal (J)            | Transf. Internas | 5,71E18 | 5,70E18 | 4,48E20 | 4,47E20 | 2,52E18 | 2,52E18 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Gás natural (J)                   | Não Renováveis   | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                      | Não Renováveis   | 1,96E22 | 1,96E22 | 1,16E22 | 1,16E22 | 7,54E21 | 7,54E21 | 8,50E21 | 8,50E21 |
| Carvão (J)                        | Não Renováveis   | 0,00E00 |
| Minerais (g)                      | Não Renováveis   | 1,09E22 | 1,08E22 | 7,63E21 | 7,65E21 | 3,15E21 | 3,15E21 | 8,78E21 | 8,77E21 |
| Metais (J)                        | Não Renováveis   | 9,31E18 | 9,31E18 | 5,25E16 | 5,25E16 | 2,01E21 | 2,01E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Perda do solo (g)                 | Não Renováveis   | 1,15E23 | 1,15E23 | 2,47E23 | 2,47E23 | 8,89E22 | 8,89E22 | 4,19E21 | 4,19E21 |
| Combustíveis (J)                  | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 7,67E20 | 7,67E20 | 3,18E22 | 3,18E22 | 1,18E21 | 1,18E21 |
| Metais (g)                        | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 6,16E19 | 6,16E19 | 8,80E19 | 8,80E19 | 8,85E19 | 8,86E19 |
| Minerais (g)                      | Importados       | 4,15E21 | 4,15E21 | 1,44E22 | 1,43E22 | 2,30E21 | 2,30E21 | 1,35E17 | 1,35E17 |
| Produtos agrícolas (J)            | Importados       | 2,87E20 | 2,87E20 | 3,42E19 | 3,42E19 | 7,50E20 | 7,50E20 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Produção pecuária (J)             | Importados       | 5,13E18 | 5,13E18 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,35E20 | 1,35E20 | 2,03E20 | 2,03E20 |
| Plástico e borracha (J)           | Importados       | 3,15E18 | 3,15E18 | 6,20E18 | 6,20E18 | 3,11E18 | 3,10E18 | 2,74E18 | 2,74E18 |
| Químicos (g)                      | Importados       | 7,07E21 | 7,07E21 | 9,25E21 | 9,25E21 | 3,08E21 | 3,08E21 | 1,17E19 | 1,16E19 |
| Materiais finalizados (g)         | Importados       | 7,06E20 | 7,08E20 | 1,03E20 | 1,00E20 | 1,03E21 | 1,02E21 | 1,12E20 | 1,11E20 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Importados       | 6,06E20 | 6,07E20 | 5,26E19 | 5,26E19 | 9,84E18 | 9,84E18 | 1,82E20 | 1,81E20 |
| Serviços (\$)                     | Importados       | 5,80E21 | 5,80E21 | 2,57E21 | 2,57E21 | 7,46E21 | 7,46E21 | 1,19E19 | 1,19E19 |
| Produtos agrícolas (J)            | Exportados       | 1,76E22 | 1,76E22 | 5,61E22 | 5,61E22 | 1,14E22 | 1,14E22 | 3,85E21 | 3,85E21 |
| Produção pecuária (J)             | Exportados       | 7,16E21 | 7,16E21 | 5,72E21 | 5,71E21 | 3,67E21 | 3,67E21 | 1,18E20 | 1,19E20 |
| Materiais finalizados             | Exportados       | 7,11E19 | 7,13E19 | 2,52E20 | 2,50E20 | 6,08E19 | 6,06E19 | 7,25E20 | 7,25E20 |
| Combustíveis (J)                  | Exportados       | 8,35E18 | 8,35E18 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,36E19 | 1,36E19 | 2,67E17 | 2,67E17 |
| Metais (g)                        | Exportados       | 3,18E22 | 3,18E22 | 9,23E20 | 9,22E20 | 3,34E21 | 3,34E21 | 3,55E19 | 3,55E19 |
| Minerais (g)                      | Exportados       | 8,18E19 | 8,18E19 | 1,56E19 | 1,55E19 | 2,23E20 | 2,25E20 | 7,98E16 | 7,98E16 |
| Químicos (g)                      | Exportados       | 2,81E21 | 2,80E21 | 1,20E20 | 1,20E20 | 2,39E19 | 2,39E19 | 1,08E15 | 1,06E15 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Exportados       | 1,67E19 | 1,67E19 | 1,25E18 | 1,23E18 | 8,75E19 | 8,74E19 | 3,55E16 | 3,55E16 |
| Plástico e borracha (J)           | Exportados       | 1,98E19 | 1,98E19 | 1,54E17 | 1,54E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,25E17 | 9,24E17 |
| Serviços (\$)                     | Exportados       | 2,36E22 | 2,36E22 | 1,31E23 | 1,29E23 | 2,06E22 | 2,05E22 | 4,15E19 | 4,14E19 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Centro-Oeste - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |         | GO     | GO     | MT     | MT     | MS     | MS     | DF     | DF     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 1,03   | 1,04   | 3,03   | 3,03   | 0,97   | 0,98   | 0,02   | 0,02   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 1,46   | 1,46   | 2,67   | 2,68   | 1,01   | 1,02   | 0,21   | 0,22   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 0,18   | 0,19   | 0,27   | 0,27   | 0,46   | 0,47   | 0,04   | 0,04   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 2,68   | 2,69   | 5,97   | 5,98   | 2,46   | 2,46   | 0,28   | 0,28   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 0,83   | 0,83   | 1,93   | 1,93   | 0,39   | 0,39   | 0,00   | 0,01   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 93%    | 93%    | 95%    | 95%    | 81%    | 81%    | 84%    | 84%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -0,64  | -0,65  | -1,65  | -1,65  | 0,07   | 0,07   | 0,03   | 0,04   |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 4,47   | 4,47   | 7,11   | 7,11   | 0,84   | 0,84   | 0,21   | 0,21   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 38,60% | 38,61% | 50,69% | 50,71% | 39,72% | 39,69% | 7,99%  | 8,00%  |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 6,93%  | 6,94%  | 4,53%  | 4,53%  | 18,88% | 18,91% | 15,79% | 15,82% |
| Fração de serviços importados                             | %       | 2,15%  | 2,16%  | 0,42%  | 0,43%  | 3,03%  | 3,03%  | 13,63% | 13,66% |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 81,75% | 81,77% | 92,24% | 92,24% | 75,95% | 75,93% | 23,03% | 22,97% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 7,89   | 7,90   | 6,62   | 6,62   | 6,89   | 6,90   | 48,65  | 48,65  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 4,53   | 4,53   | 19,92  | 19,92  | 10,43  | 10,44  | 1,08   | 1,08   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>5</sup>                      | pop     | 2,28   | 2,29   | 1,52   | 1,52   | 0,94   | 0,94   | 0,21   | 0,21   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>5</sup> | pop     | 18,31  | 18,30  | 12,27  | 12,18  | 7,50   | 7,49   | 1,66   | 1,67   |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,74   | 0,74   | 2,52   | 2,52   | 1,57   | 1,58   | 0,05   | 0,05   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 15,10% | 15,10% | 2,28%  | 2,28%  | 12,31% | 12,28% | 1,13%  | 1,13%  |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 3,30   | 3,30   | 3,88   | 3,88   | 3,19   | 3,19   | 3,26   | 3,26   |
| EYR   |         | 14,41  | 14,42  | 22,06  | 22,07  | 5,29   | 5,29   | 6,32   | 6,32   |
| ELR   |         | 1,59   | 1,59   | 0,97   | 0,97   | 1,51   | 1,52   | 11,51  | 11,51  |
| EIR   |         | 0,07   | 0,07   | 0,05   | 0,05   | 0,23   | 0,23   | 0,18   | 0,19   |
| ESI   |         | 9,06   | 9,06   | 22,69  | 22,70  | 3,48   | 3,48   | 0,54   | 0,55   |
| IDH   |         | 0,80   | 0,80   | 0,79   | 0,79   | 0,80   | 0,80   | 0,87   | 0,87   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 3,62   | 3,62   | 2,37   | 2,37   | 1,56   | 1,56   | 5,55   | 5,55   |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Norte - Fluxos

| Fluxo                        | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              |                  | AC      | AC      | AP      | AP      | AM      | AM      | PA      | PA      | RO      | RO      |
| Energia solar (J)            | Renováveis       | 5,60E20 | 5,61E20 | 5,45E20 | 5,46E20 | 5,77E21 | 5,78E21 | 4,77E21 | 4,78E21 | 8,75E20 | 8,74E20 |
| Energia química da chuva (J) | Renováveis       | 2,94E22 | 2,94E22 | 4,19E22 | 4,19E22 | 4,35E23 | 4,35E23 | 2,31E23 | 2,31E23 | 4,02E22 | 4,01E22 |
| Energia poten. da chuva (J)  | Renováveis       | 5,47E21 | 5,46E21 | 3,51E21 | 3,50E21 | 3,42E22 | 3,41E22 | 3,39E22 | 3,39E22 | 6,33E21 | 6,33E21 |
| Energia do vento (J)         | Renováveis       | 4,52E21 | 4,52E21 | 4,23E21 | 4,23E21 | 1,96E22 | 1,96E22 | 3,71E22 | 3,70E22 | 2,97E21 | 2,97E21 |
| Ondas (J)                    | Renováveis       | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,12E20 | 2,14E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,25E21 | 1,26E21 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Maré (J)                     | Renováveis       | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,32E22 | 9,32E22 | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,47E22 | 9,47E22 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Calor da terra (J)           | Renováveis       | 1,66E22 | 1,65E22 | 1,56E22 | 1,55E22 | 1,70E23 | 1,70E23 | 1,35E23 | 1,35E23 | 2,59E22 | 2,58E22 |
| Hidroeletricidade (J)        | Transf. Internas | 2,91E20 | 2,90E20 | 1,13E21 | 1,11E21 | 8,34E21 | 8,34E21 | 3,86E22 | 3,84E22 | 3,65E21 | 3,65E21 |
| Produção agrícola (J)        | Transf. Internas | 4,70E20 | 4,71E20 | 3,24E19 | 3,24E19 | 3,40E20 | 3,40E20 | 5,62E21 | 5,63E21 | 3,16E21 | 3,15E21 |
| Produtos de pecuária e       |                  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Outros (J)                   | Transf. Internas | 9,04E21 | 9,05E21 | 1,23E21 | 1,22E21 | 5,06E21 | 5,05E21 | 6,14E22 | 6,13E22 | 4,18E22 | 4,19E22 |
| Pescados (J)                 | Transf. Internas | 1,36E20 | 1,36E20 | 6,68E20 | 6,68E20 | 2,43E21 | 2,43E21 | 4,57E21 | 4,57E21 | 2,48E20 | 2,48E20 |
| Produção de lenha (J)        | Transf. Internas | 1,39E20 | 1,39E20 | 2,59E19 | 2,59E19 | 5,50E20 | 5,50E20 | 8,07E20 | 8,06E20 | 1,39E19 | 1,39E19 |
| Extração florestal (J)       | Transf. Internas | 7,48E19 | 7,47E19 | 3,55E19 | 3,54E19 | 2,45E20 | 2,44E20 | 2,09E21 | 2,08E21 | 2,38E20 | 2,37E20 |
| Gás natural (J)              | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,07E21 | 9,05E21 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                 | Não Renováveis   | 1,15E21 | 1,14E21 | 1,68E21 | 1,68E21 | 1,15E22 | 1,15E22 | 1,66E22 | 1,66E22 | 4,67E21 | 4,67E21 |
| Carvão (J)                   | Não Renováveis   | 0,00E00 |
| Minerais (g)                 | Não Renováveis   | 4,34E19 | 4,34E19 | 1,04E18 | 1,05E18 | 6,83E16 | 6,83E16 | 1,23E22 | 1,23E22 | 6,92E19 | 6,92E19 |
| Metais (g)                   | Não Renováveis   | 2,68E18 | 2,68E18 | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,16E18 | 5,16E18 | 7,93E22 | 7,93E22 | 3,89E18 | 3,89E18 |
| Perda do solo (g)            | Não Renováveis   | 2,61E21 | 2,61E21 | 2,47E20 | 2,47E20 | 1,10E21 | 1,10E21 | 2,02E22 | 2,01E22 | 1,26E22 | 1,26E22 |
| Combustíveis (J)             | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 6,40E16 | 6,40E16 | 7,23E20 | 7,22E20 | 6,26E19 | 6,26E19 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                   | Importados       | 7,72E14 | 7,71E14 | 7,78E16 | 7,78E16 | 4,61E19 | 4,61E19 | 2,20E21 | 2,20E21 | 8,39E18 | 8,39E18 |
| Minerais (g)                 | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 6,35E20 | 6,35E20 | 1,23E20 | 1,22E20 |
| Produtos agrícolas (J)       | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,80E17 | 5,81E17 | 2,44E20 | 2,44E20 | 7,54E20 | 7,54E20 | 5,21E19 | 5,21E19 |
| Produção pecuária (J)        | Importados       | 0,00E00 |
| Plástico e borracha (J)      | Importados       | 3,65E14 | 3,66E14 | 4,23E16 | 4,23E16 | 5,64E18 | 5,64E18 | 1,72E19 | 1,71E19 | 8,85E18 | 8,85E18 |
| Químicos (g)                 | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,22E19 | 1,21E19 | 1,95E21 | 1,95E21 | 1,56E22 | 1,56E22 | 4,23E19 | 4,22E19 |
| Materiais finalizados (g)    | Importados       | 2,96E16 | 2,98E16 | 1,67E19 | 1,67E19 | 2,55E21 | 2,54E21 | 3,34E20 | 3,34E20 | 1,12E20 | 1,12E20 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Importados       | 2,70E17 | 2,71E17 | 2,21E19 | 2,20E19 | 2,39E21 | 2,39E21 | 1,34E20 | 1,34E20 | 5,74E18 | 5,75E18 |
| Serviços (\$)                | Importados       | 5,62E18 | 5,62E18 | 1,80E20 | 1,80E20 | 2,34E22 | 2,33E22 | 2,19E21 | 2,18E21 | 2,31E20 | 2,31E20 |
| Produtos agrícolas (J)       | Exportados       | 2,69E19 | 2,69E19 | 9,26E18 | 9,26E18 | 2,00E19 | 2,00E19 | 4,56E20 | 4,56E20 | 9,14E20 | 9,14E20 |
| Produção pecuária (J)        | Exportados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,10E19 | 2,08E19 | 0,00E00 | 0,00E00 | 3,62E21 | 3,62E21 | 1,86E21 | 1,85E21 |
| Materiais finalizados        | Exportados       | 3,02E19 | 3,00E19 | 3,80E20 | 3,80E20 | 1,36E20 | 1,36E20 | 3,14E21 | 3,13E21 | 1,39E20 | 1,39E20 |
| Combustíveis (J)             | Exportados       | 6,77E17 | 6,77E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,91E20 | 1,90E20 | 6,48E18 | 6,48E18 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                   | Exportados       | 1,34E17 | 1,34E17 | 3,58E20 | 3,57E20 | 7,12E17 | 7,10E17 | 2,37E23 | 2,37E23 | 2,02E16 | 2,01E16 |
| Minerais (g)                 | Exportados       | 3,31E17 | 3,33E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,69E19 | 1,69E19 | 8,18E17 | 8,18E17 | 2,97E19 | 2,97E19 |
| Químicos (g)                 | Exportados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,44E20 | 1,45E20 | 1,03E20 | 1,04E20 | 1,15E18 | 1,15E18 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Exportados       | 1,40E17 | 1,40E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,08E20 | 2,07E20 | 4,67E18 | 4,66E18 | 2,32E17 | 2,32E17 |
| Plástico e borracha (J)      | Exportados       | 1,29E17 | 1,27E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 4,43E17 | 4,43E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,76E16 | 1,75E16 |
| Serviços (\$)                | Exportados       | 3,36E20 | 3,36E20 | 6E21    | 6E21    | 3,31E22 | 3,3E22  | 1,89E23 | 1,88E23 | 4,98E21 | 4,97E21 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Norte - Fluxos

| Fluxo                             | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|-----------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                   |                  | RR      | RR      | TO      | TO      |
| Energia solar (J)                 | Renováveis       | 6,18E20 | 6,19E20 | 1,01E21 | 1,02E21 |
| Energia química da chuva (J)      | Renováveis       | 5,13E22 | 5,14E22 | 3,34E22 | 3,35E22 |
| Energia poten. da chuva (J)       | Renováveis       | 9,33E21 | 9,34E21 | 7,80E21 | 7,80E21 |
| Energia do vento (J)              | Renováveis       | 2,80E21 | 2,80E21 | 1,62E22 | 1,61E22 |
| Ondas (J)                         | Renováveis       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Maré (J)                          | Renováveis       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Calor da terra (J)                | Renováveis       | 2,42E22 | 2,43E22 | 3,01E22 | 3,01E22 |
| Hidroelectricidade (J)            | Transf. Internas | 9,10E19 | 9,11E19 | 7,66E21 | 7,65E21 |
| Produção agrícola (J)             | Transf. Internas | 6,12E20 | 6,12E20 | 5,34E21 | 5,34E21 |
| Produtos de pecuária e Outros (J) | Transf. Internas | 2,01E21 | 2,00E21 | 2,84E22 | 2,85E22 |
| Pescados (J)                      | Transf. Internas | 1,08E20 | 1,09E20 | 2,15E20 | 2,15E20 |
| Produção de lenha (J)             | Transf. Internas | 2,45E19 | 2,44E19 | 2,04E20 | 2,04E20 |
| Extração florestal (J)            | Transf. Internas | 2,84E19 | 2,84E19 | 1,83E19 | 1,84E19 |
| Gás natural (J)                   | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                      | Não Renováveis   | 6,71E20 | 6,71E20 | 4,01E21 | 4,02E21 |
| Carvão (J)                        | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Minerais (g)                      | Não Renováveis   | 5,59E14 | 5,60E14 | 4,11E20 | 4,11E20 |
| Metais (g)                        | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Perda do solo (g)                 | Não Renováveis   | 1,23E21 | 1,23E21 | 1,91E22 | 1,92E22 |
| Combustíveis (J)                  | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                        | Importados       | 7,77E17 | 7,78E17 | 1,15E19 | 1,15E19 |
| Minerais (g)                      | Importados       | 2,55E17 | 2,55E17 | 1,62E20 | 1,62E20 |
| Produtos agrícolas (J)            | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 4,96E19 | 4,96E19 |
| Produção pecuária (J)             | Importados       | 3,40E17 | 3,40E17 | 2,52E18 | 2,51E18 |
| Plástico e borracha (J)           | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 9,01E17 | 9,01E17 |
| Químicos (g)                      | Importados       | 2,55E18 | 2,56E18 | 3,63E20 | 3,63E20 |
| Materiais finalizados (g)         | Importados       | 6,85E18 | 6,85E18 | 7,28E19 | 7,28E19 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Importados       | 1,73E16 | 1,74E16 | 2,62E18 | 2,62E18 |
| Serviços (\$)                     | Importados       | 3,67E18 | 3,67E18 | 2,50E20 | 2,48E20 |
| Produtos agrícolas (J)            | Exportados       | 1,19E20 | 1,19E20 | 1,72E21 | 1,72E21 |
| Produção pecuária (J)             | Exportados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,80E20 | 2,80E20 |
| Materiais finalizados             | Exportados       | 1,66E19 | 1,66E19 | 2,90E17 | 2,89E17 |
| Combustíveis (J)                  | Exportados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                        | Exportados       | 2,14E15 | 2,15E15 | 6,50E16 | 6,50E16 |
| Minerais (g)                      | Exportados       | 1,00E12 | 1,00E12 | 1,66E17 | 1,66E17 |
| Químicos (g)                      | Exportados       | 1,48E13 | 1,48E13 | 3,54E17 | 3,55E17 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Exportados       | 1,09E16 | 1,08E16 | 4,22E16 | 4,21E16 |
| Plástico e borracha (J)           | Exportados       | 4,46E14 | 4,46E14 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Serviços (\$)                     | Exportados       | 6,32E20 | 6,31E20 | 2,41E21 | 2,42E21 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Norte - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)     | (2)     | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    |
|---|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |         | AC      | AC      | AP     | AP     | AM     | AM     | PA     | PA     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 0,50    | 0,51    | 1,53   | 1,54   | 6,41   | 6,40   | 4,95   | 4,95   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 0,05    | 0,04    | 0,04   | 0,03   | 0,25   | 0,25   | 1,36   | 1,36   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 0,00    | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,32   | 0,31   | 0,22   | 0,22   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 0,57    | 0,56    | 1,57   | 1,57   | 6,96   | 6,96   | 6,52   | 6,52   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 0,00    | 0,00    | 0,08   | 0,07   | 0,35   | 0,34   | 4,32   | 4,32   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 100%    | 100%    | 100%   | 100%   | 97%    | 96%    | 97%    | 97%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | 0,00    | 0,00    | -0,09  | -0,07  | -0,03  | -0,03  | -4,10  | -4,10  |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 66,62   | 66,62   | 29,21  | 29,21  | 1,08   | 1,08   | 19,68  | 19,68  |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 92,58%  | 92,53%  | 98,18% | 98,16% | 91,95% | 91,94% | 75,84% | 75,84% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 0,02%   | 0,01%   | 0,15%  | 0,15%  | 4,53%  | 4,48%  | 3,36%  | 3,36%  |
| Fração de serviços importados                             | %       | 0,02%   | 0,01%   | 0,13%  | 0,11%  | 3,44%  | 3,35%  | 0,33%  | 0,33%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 97,85%  | 97,85%  | 98,78% | 98,78% | 92,81% | 92,56% | 80,06% | 80,06% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 3,64    | 3,64    | 10,98  | 10,99  | 4,43   | 4,43   | 5,23   | 5,23   |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 8,05    | 8,04    | 25,04  | 25,04  | 20,51  | 20,51  | 8,78   | 8,78   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 0,65    | 0,64    | 0,63   | 0,62   | 3,12   | 3,12   | 5,64   | 5,64   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 5,12    | 5,12    | 4,92   | 4,92   | 24,96  | 24,96  | 45,09  | 45,09  |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 1,74    | 1,74    | 4,72   | 4,69   | 2,98   | 2,98   | 2,37   | 2,37   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 0,62%   | 0,61%   | 0,83%  | 0,83%  | 1,42%  | 1,41%  | 6,93%  | 6,93%  |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 1,65    | 1,65    | 2,69   | 2,67   | 6,07   | 6,07   | 2,23   | 2,23   |
| EYR   |         | 9.381,1 | 9.381,1 | 677,20 | 677,20 | 22,4   | 22,30  | 29,72  | 29,72  |
| ELR   |         | 0,08    | 0,08    | 0,03   | 0,02   | 0,11   | 0,09   | 0,32   | 0,32   |
| EIR   |         | 0,00    | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,06   | 0,05   | 0,03   | 0,03   |
| ESI   |         | 116,45  | 116,26  | 36,165 | 36,162 | 254,44 | 254,27 | 93,41  | 93,29  |
| IDH   |         | 0,75    | 0,75    | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,76   | 0,76   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 0,32    | 0,32    | 0,33   | 0,33   | 2,33   | 2,33   | 2,75   | 2,75   |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    | (1)     | (2)     | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
|   |         | RO     | RO     | RR      | RR      | TO     | TO     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 0,72   | 0,72   | 0,85    | 0,85    | 0,71   | 0,71   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 0,18   | 0,18   | 0,02    | 0,02    | 0,24   | 0,24   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 0,01   | 0,01   | 0,00    | 0,00    | 0,01   | 0,01   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 0,91   | 0,91   | 0,87    | 0,87    | 0,96   | 0,96   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 0,08   | 0,08   | 0,01    | 0,01    | 0,04   | 0,04   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 99%    | 99%    | 100%    | 100%    | 99%    | 99%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -0,07  | -0,07  | -0,01   | -0,01   | -0,04  | -0,04  |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 13,58  | 13,58  | 52,98   | 52,98   | 4,84   | 4,84   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 79,67% | 79,67% | 97,61%  | 97,61%  | 74,08% | 74,08% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 0,64%  | 0,64%  | 0,02%   | 0,02%   | 0,95%  | 0,95%  |
| Fração de serviços importados                             | %       | 0,25%  | 0,25%  | 0,00%   | 0,00%   | 0,26%  | 0,26%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 94,12% | 94,12% | 99,21%  | 99,21%  | 94,45% | 94,45% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 3,81   | 3,81   | 3,88    | 3,88    | 3,47   | 3,47   |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 6,02   | 6,02   | 20,67   | 20,67   | 7,46   | 7,46   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 1,20   | 1,20   | 0,41    | 0,41    | 0,96   | 0,96   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 9,59   | 9,59   | 3,29    | 3,29    | 7,66   | 7,66   |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 1,09   | 1,09   | 3,76    | 3,76    | 1,56   | 1,56   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 4,73%  | 4,73%  | 0,12%   | 0,12%   | 9,34%  | 9,34%  |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 3,11   | 3,11   | 1,59    | 1,59    | 3,11   | 3,11   |
| EYR   |         | 155,48 | 155,48 | 6.021,2 | 6.021,2 | 105,47 | 105,47 |
| ELR   |         | 0,26   | 0,26   | 0,02    | 0,02    | 0,35   | 0,35   |
| EIR   |         | 0,01   | 0,01   | 0,00    | 0,00    | 0,01   | 0,01   |
| ESI   |         | 609,47 | 609,47 | 246,19  | 246,19  | 301,45 | 301,45 |
| IDH   |         | 0,78   | 0,78   | 0,75    | 0,75    | 0,76   | 0,76   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 0,83   | 0,83   | 0,23    | 0,23    | 0,62   | 0,62   |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Nordeste - Fluxos

| Fluxo                        | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              |                  | AL      | AL      | BA      | BA      | CE      | CE      | MA      | MA      | PB      | PB      |
| Energia solar (J)            | Renováveis       | 2,01E20 | 2,02E20 | 2,68E21 | 2,69E21 | 8,33E20 | 8,34E20 | 1,61E21 | 1,62E21 | 3,08E20 | 3,09E20 |
| Energia química da chuva (J) | Renováveis       | 2,38E21 | 2,39E21 | 3,69E22 | 3,69E22 | 1,29E22 | 1,29E22 | 6,16E22 | 6,16E22 | 3,77E21 | 3,77E21 |
| Energia poten. da chuva (J)  | Renováveis       | 2,68E20 | 2,68E20 | 1,37E22 | 1,37E22 | 2,42E21 | 2,41E21 | 8,19E21 | 8,18E21 | 1,03E21 | 1,02E21 |
| Energia do vento (J)         | Renováveis       | 2,15E21 | 2,14E21 | 8,99E22 | 8,97E22 | 2,36E22 | 2,36E22 | 1,92E22 | 1,92E22 | 7,19E21 | 7,18E21 |
| Ondas (J)                    | Renováveis       | 2,48E21 | 2,48E21 | 1,20E22 | 1,20E22 | 1,29E21 | 1,28E21 | 9,16E20 | 9,16E20 | 3,39E21 | 3,39E21 |
| Maré (J)                     | Renováveis       | 1,47E22 | 1,46E22 | 3,35E22 | 3,35E22 | 7,56E22 | 7,56E22 | 5,01E23 | 5,00E23 | 9,45E21 | 9,45E21 |
| Calor da terra (J)           | Renováveis       | 3,02E21 | 3,01E21 | 6,13E22 | 6,12E22 | 1,60E22 | 1,61E22 | 3,61E22 | 3,60E22 | 6,12E21 | 6,12E21 |
| Hidroeletricidade (J)        | Transf. Internas | 2,62E22 | 2,62E22 | 3,11E22 | 3,10E22 | 2,06E20 | 2,05E20 | 7,35E20 | 7,35E20 | 2,88E20 | 2,87E20 |
| Produção agrícola (J)        | Transf. Internas | 5,45E20 | 5,45E20 | 2,37E22 | 2,37E22 | 2,65E21 | 2,65E21 | 1,12E22 | 1,10E22 | 6,63E20 | 6,62E20 |
| Produtos de pecuária e       |                  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Outros (J)                   | Transf. Internas | 5,05E21 | 5,05E21 | 5,69E22 | 5,68E22 | 1,61E22 | 1,60E22 | 2,89E22 | 2,88E22 | 6,30E21 | 6,31E21 |
| Pescados (J)                 | Transf. Internas | 4,61E20 | 4,60E20 | 2,67E21 | 2,67E21 | 2,69E21 | 2,69E21 | 2,26E21 | 2,26E21 | 4,04E20 | 4,03E20 |
| Produção de lenha (J)        | Transf. Internas | 1,76E19 | 1,76E19 | 2,18E21 | 2,17E21 | 9,57E20 | 9,56E20 | 6,73E20 | 6,73E20 | 1,23E20 | 1,23E20 |
| Extração florestal (J)       | Transf. Internas | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,56E20 | 2,56E20 | 1,12E19 | 1,12E19 | 4,84E19 | 4,83E19 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Gás natural (J)              | Não Renováveis   | 2,31E21 | 2,31E21 | 6,75E21 | 6,75E21 | 1,99E20 | 1,99E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Petróleo (J)                 | Não Renováveis   | 3,52E21 | 3,52E21 | 2,46E22 | 2,46E22 | 9,17E21 | 9,17E21 | 8,04E21 | 8,03E21 | 4,62E21 | 4,63E21 |
| Carvão (J)                   | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 6,71E18 | 6,71E18 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Minerais (g)                 | Não Renováveis   | 1,26E21 | 1,25E21 | 3,42E21 | 3,42E21 | 7,08E20 | 7,07E20 | 9,03E21 | 9,03E21 | 5,03E21 | 5,03E21 |
| Metais (g)                   | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,11E22 | 1,10E22 | 0,00E00 | 0,00E00 | 7,36E22 | 7,35E22 | 5,16E18 | 5,16E18 |
| Perda do solo (g)            | Não Renováveis   | 7,75E21 | 7,74E21 | 1,09E23 | 1,10E23 | 5,22E22 | 5,22E22 | 4,80E22 | 4,80E22 | 1,53E22 | 1,53E22 |
| Combustíveis (J)             | Importados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,58E21 | 2,58E21 | 4,95E21 | 4,95E21 | 2,08E22 | 2,07E22 | 3,60E20 | 3,60E20 |
| Metais (g)                   | Importados       | 5,80E17 | 5,80E17 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,17E21 | 1,17E21 | 1,26E20 | 1,26E20 | 2,09E20 | 2,08E20 |
| Minerais (g)                 | Importados       | 7,44E20 | 7,44E20 | 4,75E21 | 4,75E21 | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,78E21 | 5,78E21 | 3,70E19 | 3,70E19 |
| Produtos agrícolas (J)       | Importados       | 3,02E20 | 3,03E20 | 3,03E21 | 3,00E21 | 3,45E21 | 3,45E21 | 3,81E20 | 3,82E20 | 4,53E20 | 4,53E20 |
| Produção pecuária (J)        | Importados       | 1,52E19 | 1,52E19 | 1,38E19 | 1,38E19 | 1,32E20 | 1,31E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,25E17 | 5,25E17 |
| Plástico e borracha (J)      | Importados       | 1,24E19 | 1,22E19 | 7,26E19 | 7,26E19 | 3,56E17 | 3,56E17 | 1,38E18 | 1,38E18 | 2,74E19 | 2,74E19 |
| Químicos (g)                 | Importados       | 3,81E21 | 3,83E21 | 1,02E22 | 1,03E22 | 2,78E20 | 2,78E20 | 8,01E21 | 8,02E21 | 5,54E19 | 5,54E19 |
| Materiais finalizados (g)    | Importados       | 5,95E20 | 5,95E20 | 9,15E21 | 9,15E21 | 6,71E20 | 6,70E20 | 6,91E19 | 6,91E19 | 2,50E20 | 2,50E20 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Importados       | 9,35E18 | 9,35E18 | 8,00E20 | 8,00E20 | 1,15E20 | 1,15E20 | 8,18E19 | 8,18E19 | 1,22E19 | 1,21E19 |
| Serviços (\$)                | Importados       | 8,17E20 | 8,17E20 | 1,85E22 | 1,85E22 | 4,79E21 | 4,79E21 | 8,03E21 | 8,02E21 | 1,04E21 | 1,04E21 |
| Produtos agrícolas (J)       | Exportados       | 5,82E21 | 5,81E21 | 7,34E21 | 7,34E21 | 8,02E20 | 8,02E20 | 3,83E21 | 3,83E21 | 1,60E20 | 1,59E20 |
| Produção pecuária (J)        | Exportados       | 0,00E00 | 0,00E00 | 3,47E20 | 3,47E20 | 4,32E20 | 4,30E20 | 1,20E19 | 1,20E19 | 6,52E18 | 6,52E18 |
| Materiais finalizados        | Exportados       | 1,10E18 | 1,10E18 | 1,44E22 | 1,44E22 | 3,85E20 | 3,85E20 | 1,08E19 | 1,07E19 | 2,21E20 | 2,20E20 |
| Combustíveis (J)             | Exportados       | 5,27E18 | 5,27E18 | 1,84E22 | 1,84E22 | 3,19E20 | 3,19E20 | 2,17E20 | 2,17E20 | 0,00E00 | 0,00E00 |
| Metais (g)                   | Exportados       | 5,76E16 | 5,76E16 | 2,38E22 | 2,37E22 | 2,06E20 | 2,05E20 | 2,70E22 | 2,70E22 | 1,52E19 | 1,52E19 |
| Minerais (g)                 | Exportados       | 2,23E20 | 2,23E20 | 8,71E19 | 8,71E19 | 1,62E19 | 1,62E19 | 9,04E16 | 9,03E16 | 2,67E20 | 2,67E20 |
| Químicos (g)                 | Exportados       | 6,15E21 | 6,14E21 | 1,90E22 | 1,90E22 | 7,63E19 | 7,63E19 | 8,71E19 | 8,71E19 | 3,72E20 | 3,70E20 |
| Máquinas e equipamentos (g)  | Exportados       | 2,72E16 | 2,72E16 | 6,52E20 | 6,52E20 | 1,40E20 | 1,39E20 | 5,85E19 | 5,84E19 | 5,73E16 | 5,72E16 |
| Plástico e borracha (J)      | Exportados       | 1,92E16 | 1,92E16 | 1,98E20 | 1,97E20 | 6,41E19 | 6,40E19 | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,14E19 | 2,12E19 |
| Serviços (\$)                | Exportados       | 2,81E21 | 2,81E21 | 4,79E22 | 4,79E22 | 8,09E21 | 8,08E21 | 9,82E22 | 9,81E22 | 9,72E20 | 9,71E20 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Nordeste - Fluxos

| Fluxo                                | Grupo            | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     | (1)     | (2)     |
|--------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                      |                  | PE      | PE      | PI      | PI      | RN      | RN      | SE      | SE      |
| Energia solar (J)                    | Renováveis       | 5,30E20 | 5,31E20 | 1,17E21 | 1,18E21 | 4,18E20 | 4,16E20 | 1,72E20 | 1,70E20 |
| Energia química da chuva (J)         | Renováveis       | 6,51E21 | 6,51E21 | 2,15E22 | 2,15E22 | 4,46E21 | 4,46E21 | 1,83E21 | 1,83E21 |
| Energia poten. da chuva (J)          | Renováveis       | 2,18E21 | 2,17E21 | 5,71E21 | 5,69E21 | 4,18E20 | 4,17E20 | 1,62E20 | 1,61E20 |
| Energia do vento (J)                 | Renováveis       | 9,83E21 | 9,83E21 | 2,52E22 | 2,52E22 | 1,25E22 | 1,25E22 | 1,27E21 | 1,27E21 |
| Ondas (J)                            | Renováveis       | 5,43E21 | 5,42E21 | 9,46E19 | 9,44E19 | 7,18E21 | 7,18E21 | 2,86E21 | 2,86E21 |
| Maré (J)                             | Renováveis       | 1,52E22 | 1,51E22 | 1,05E22 | 1,03E22 | 3,32E22 | 3,31E22 | 9,14E21 | 9,14E21 |
| Calor da terra (J)                   | Renováveis       | 1,08E22 | 1,07E22 | 2,73E22 | 2,73E22 | 5,73E21 | 5,73E21 | 2,37E21 | 2,38E21 |
| Hidroeletricidade (J)                | Transf. Internas | 6,34E21 | 6,34E21 | 6,97E20 | 6,96E20 | 3,38E20 | 3,38E20 | 1,32E22 | 1,32E22 |
| Produção agrícola (J)                | Transf. Internas | 1,22E21 | 1,22E21 | 3,95E21 | 3,95E21 | 3,28E20 | 3,26E20 | 1,26E21 | 1,26E21 |
| Produtos de pecuária e<br>Outros (J) | Transf. Internas | 1,42E22 | 1,42E22 | 1,29E22 | 1,28E22 | 5,61E21 | 5,61E21 | 4,74E21 | 4,75E21 |
| Pescados (J)                         | Transf. Internas | 6,95E20 | 6,96E20 | 2,79E20 | 2,79E20 | 1,82E21 | 1,80E21 | 3,96E20 | 3,96E20 |
| Produção de lenha (J)                | Transf. Internas | 3,02E20 | 3,02E20 | 3,75E20 | 3,75E20 | 2,63E20 | 2,63E20 | 8,99E19 | 8,99E19 |
| Extração florestal (J)               | Transf. Internas | 9,55E18 | 9,55E18 | 2,81E19 | 2,79E19 | 1,73E18 | 1,74E18 | 3,29E18 | 3,29E18 |
| Gás natural (J)                      | Não Renováveis   | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,75E21 | 2,75E21 | 1,41E21 | 1,40E21 |
| Petróleo (J)                         | Não Renováveis   | 1,19E22 | 1,19E22 | 3,52E21 | 3,51E21 | 4,85E21 | 4,83E21 | 3,01E21 | 3,01E21 |
| Carvão (J)                           | Não Renováveis   | 0,00E00 |
| Minerais (g)                         | Não Renováveis   | 3,52E20 | 3,52E20 | 5,79E19 | 5,79E19 | 7,92E20 | 7,92E20 | 4,35E21 | 4,35E21 |
| Metais (g)                           | Não Renováveis   | 7,52E18 | 7,51E18 | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,03E16 | 5,03E16 | 4,49E19 | 4,49E19 |
| Perda do solo (g)                    | Não Renováveis   | 2,59E22 | 2,59E22 | 3,59E22 | 3,58E22 | 7,17E21 | 7,15E21 | 6,62E21 | 6,61E21 |
| Combustíveis (J)                     | Importados       | 7,85E20 | 7,84E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 0,00E00 | 5,21E20 | 5,21E20 |
| Metais (g)                           | Importados       | 1,85E19 | 1,85E19 | 1,45E20 | 1,45E20 | 5,38E18 | 5,38E18 | 1,79E18 | 1,79E18 |
| Minerais (g)                         | Importados       | 5,22E20 | 5,22E20 | 5,85E18 | 5,85E18 | 9,78E18 | 9,78E18 | 1,16E21 | 1,15E21 |
| Produtos agrícolas (J)               | Importados       | 3,33E21 | 3,34E21 | 6,30E16 | 6,30E16 | 3,94E20 | 3,94E20 | 3,93E20 | 3,93E20 |
| Produção pecuária (J)                | Importados       | 2,50E20 | 2,50E20 | 5,42E18 | 5,40E18 | 8,54E18 | 8,54E18 | 1,37E19 | 1,37E19 |
| Plástico e borracha (J)              | Importados       | 1,70E19 | 1,70E19 | 7,43E17 | 7,43E17 | 7,18E17 | 7,18E17 | 1,32E18 | 1,32E18 |
| Químicos (g)                         | Importados       | 1,46E22 | 1,44E22 | 2,15E19 | 2,12E19 | 1,17E20 | 1,17E20 | 1,48E21 | 1,48E21 |
| Materiais finalizados (g)            | Importados       | 3,19E21 | 3,19E21 | 2,12E19 | 2,12E19 | 1,52E20 | 1,52E20 | 3,12E19 | 3,08E19 |
| Máquinas e equipamentos (g)          | Importados       | 1,42E19 | 1,42E19 | 4,83E18 | 4,83E18 | 2,72E19 | 2,71E19 | 1,53E19 | 1,53E19 |
| Serviços (\$)                        | Importados       | 5,86E21 | 5,86E21 | 1,51E20 | 1,49E20 | 5,17E20 | 5,17E20 | 4,78E20 | 4,78E20 |
| Produtos agrícolas (J)               | Exportados       | 2,92E21 | 2,91E21 | 7,60E19 | 7,60E19 | 4,11E21 | 4,09E21 | 1,66E20 | 1,66E20 |
| Produção pecuária (J)                | Exportados       | 1,06E20 | 1,06E20 | 1,04E19 | 1,03E19 | 2,12E20 | 2,12E20 | 1,09E18 | 1,07E18 |
| Materiais finalizados                | Exportados       | 8,70E20 | 8,69E20 | 3,53E17 | 3,49E17 | 4,52E19 | 4,50E19 | 6,36E18 | 6,36E18 |
| Combustíveis (J)                     | Exportados       | 4,45E20 | 4,45E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,56E20 | 1,56E20 | 1,37E18 | 1,37E18 |
| Metais (g)                           | Exportados       | 3,15E20 | 3,13E20 | 0,00E00 | 0,00E00 | 2,93E20 | 2,90E20 | 2,17E17 | 2,17E17 |
| Minerais (g)                         | Exportados       | 1,86E19 | 1,86E19 | 1,51E19 | 1,51E19 | 2,41E19 | 2,41E19 | 1,05E21 | 1,07E21 |
| Químicos (g)                         | Exportados       | 1,31E21 | 1,29E21 | 1,79E17 | 1,77E17 | 2,92E20 | 2,91E20 | 3,91E18 | 3,91E18 |
| Máquinas e equipamentos (g)          | Exportados       | 2,75E19 | 2,72E19 | 6,38E14 | 6,37E14 | 1,22E18 | 1,23E18 | 5,61E17 | 5,59E17 |
| Plástico e borracha (J)              | Exportados       | 9,29E19 | 9,28E19 | 0,00E00 | 0,00E00 | 1,21E17 | 1,21E17 | 1,33E18 | 1,32E18 |
| Serviços (\$)                        | Exportados       | 2,67E21 | 2,6E21  | 7,63E20 | 7,58E20 | 2,15E21 | 2,09E21 | 5,32E20 | 5,3E20  |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Região Nordeste - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |         | AL    | AL    | BA    | BA    | CE    | CE    | MA    | MA    | PB    | PB    |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 0,20  | 0,20  | 1,84  | 1,84  | 1,15  | 1,15  | 6,06  | 6,06  | 0,23  | 0,23  |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 0,15  | 0,15  | 1,60  | 1,60  | 0,66  | 0,66  | 1,42  | 1,42  | 0,26  | 0,26  |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 0,06  | 0,06  | 0,49  | 0,49  | 0,16  | 0,16  | 0,43  | 0,43  | 0,02  | 0,02  |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 0,42  | 0,42  | 3,94  | 3,94  | 1,97  | 1,97  | 7,91  | 7,91  | 0,51  | 0,51  |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 0,15  | 0,15  | 1,32  | 1,32  | 0,11  | 0,11  | 1,29  | 1,29  | 0,02  | 0,02  |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 85%   | 85%   | 88%   | 88%   | 92%   | 92%   | 95%   | 95%   | 95%   | 95%   |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -0,09 | -0,09 | -0,83 | -0,83 | 0,05  | 0,05  | -0,86 | -0,86 | 0,00  | 0,00  |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 2,37  | 2,37  | 2,69  | 2,69  | 0,68  | 0,68  | 2,99  | 2,99  | 0,83  | 0,83  |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 48,39 | 48,39 | 46,80 | 46,80 | 58,61 | 58,61 | 76,64 | 76,64 | 44,87 | 44,87 |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 15,10 | 15,10 | 12,47 | 12,47 | 7,91% | 7,91% | 5,46% | 5,46% | 4,82% | 4,82% |
| Fração de serviços importados                             | %       | 1,95% | 1,95% | 4,70% | 4,70% | 2,43% | 2,43% | 1,01% | 1,01% | 2,05% | 2,05% |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 68,00 | 68,00 | 75,90 | 75,90 | 86,97 | 86,97 | 83,08 | 83,08 | 76,12 | 76,12 |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 15,09 | 15,09 | 6,98  | 6,98  | 13,22 | 13,22 | 23,82 | 23,82 | 8,98  | 8,98  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 1,33  | 1,33  | 2,69  | 2,69  | 2,30  | 2,30  | 12,42 | 12,42 | 1,34  | 1,34  |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 1,53  | 1,53  | 6,85  | 6,85  | 5,01  | 5,01  | 4,88  | 4,88  | 1,69  | 1,69  |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 12,22 | 12,22 | 54,80 | 54,80 | 40,08 | 40,08 | 39,04 | 39,04 | 13,53 | 13,53 |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,42  | 0,42  | 0,65  | 0,65  | 0,70  | 0,70  | 4,50  | 4,50  | 0,41  | 0,41  |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 73,66 | 73,66 | 9,26% | 9,26% | 0,12% | 0,12% | 0,11% | 0,11% | 0,67% | 0,67% |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 1,85  | 1,85  | 2,14  | 2,14  | 1,10  | 1,10  | 1,26  | 1,26  | 1,23  | 1,23  |
| EYR   |         | 6,62  | 6,62  | 8,02  | 8,02  | 12,65 | 12,65 | 18,31 | 18,31 | 20,74 | 20,74 |
| ELR   |         | 1,07  | 1,07  | 1,14  | 1,14  | 0,71  | 0,71  | 0,30  | 0,30  | 1,23  | 1,23  |
| EIR   |         | 0,18  | 0,18  | 0,14  | 0,14  | 0,09  | 0,09  | 0,06  | 0,06  | 0,05  | 0,05  |
| ESI   |         | 6,21  | 6,21  | 7,05  | 7,05  | 17,91 | 17,91 | 60,05 | 60,05 | 16,88 | 16,88 |
| IDH   |         | 0,68  | 0,68  | 0,74  | 0,74  | 0,72  | 0,72  | 0,68  | 0,68  | 0,72  | 0,72  |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 0,99  | 0,99  | 6,09  | 6,09  | 2,80  | 2,80  | 1,76  | 1,76  | 1,23  | 1,23  |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |         | PE     | PE     | PI     | PI     | RN     | RN     | SE     | SE     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 0,36   | 0,36   | 0,65   | 0,65   | 0,51   | 0,51   | 0,14   | 0,14   |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 0,39   | 0,39   | 0,40   | 0,40   | 0,18   | 0,18   | 0,16   | 0,16   |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 0,28   | 0,28   | 0,00   | 0,00   | 0,01   | 0,01   | 0,04   | 0,04   |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 1,03   | 1,03   | 1,05   | 1,05   | 0,70   | 0,70   | 0,34   | 0,34   |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 0,09   | 0,09   | 0,01   | 0,01   | 0,07   | 0,07   | 0,02   | 0,02   |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 72%    | 72%    | 100%   | 100%   | 98%    | 98%    | 88%    | 88%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | 0,20   | 0,20   | -0,01  | -0,01  | -0,06  | -0,06  | 0,02   | 0,02   |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 0,30   | 0,30   | 2,43   | 2,43   | 5,85   | 5,85   | 0,44   | 0,44   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 34,50% | 34,50% | 61,60% | 61,60% | 73,17% | 73,17% | 41,83% | 41,83% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 27,57% | 27,57% | 0,34%  | 0,34%  | 1,75%  | 1,75%  | 11,90% | 11,90% |
| Fração de serviços importados                             | %       | 5,68%  | 5,68%  | 0,14%  | 0,14%  | 0,74%  | 0,74%  | 1,39%  | 1,39%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 60,53% | 60,53% | 96,27% | 96,27% | 86,31% | 86,31% | 62,50% | 62,50% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 10,50  | 10,50  | 4,18   | 4,18   | 13,29  | 13,29  | 15,68  | 15,68  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 1,17   | 1,17   | 3,34   | 3,34   | 2,24   | 2,24   | 1,70   | 1,70   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 3,04   | 3,04   | 1,94   | 1,94   | 2,29   | 2,29   | 0,84   | 0,84   |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 24,31  | 24,31  | 15,50  | 15,50  | 18,33  | 18,33  | 6,76   | 6,76   |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,30   | 0,30   | 1,34   | 1,34   | 0,55   | 0,55   | 0,37   | 0,37   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 7,23%  | 7,23%  | 0,78%  | 0,78%  | 0,57%  | 0,57%  | 45,27% | 45,27% |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 1,35   | 1,35   | 1,12   | 1,12   | 2,42   | 2,42   | 2,18   | 2,18   |
| EYR   |         | 3,63   | 3,63   | 297,39 | 297,39 | 57,00  | 57,00  | 8,40   | 8,40   |
| ELR   |         | 1,90   | 1,90   | 0,62   | 0,62   | 0,37   | 0,37   | 1,39   | 1,39   |
| EIR   |         | 0,38   | 0,38   | 0,00   | 0,00   | 0,02   | 0,02   | 0,14   | 0,14   |
| ESI   |         | 1,91   | 1,91   | 477,15 | 477,15 | 155,45 | 155,45 | 6,04   | 6,04   |
| IDH   |         | 0,72   | 0,72   | 0,70   | 0,70   | 0,74   | 0,74   | 0,74   | 0,74   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 3,46   | 3,46   | 0,79   | 0,79   | 1,27   | 1,27   | 0,94   | 0,94   |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Regiões - Fluxos

| Fluxo                             | Grupo            | (1)      | (2)      | (1)      | (2)      | (1)      | (2)      | (1)      | (2)      | (1)      | (2)      |
|-----------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                   |                  | S        | S        | SE       | SE       | CO       | CO       | N        | N        | NE       | NE       |
| Energia solar (J)                 | Renováveis       | 3,16E+21 | 3,18E+21 | 4,95E+21 | 4,95E+21 | 7,41E+21 | 7,39E+21 | 1,32E+22 | 1,35E+22 | 8,16E+21 | 8,17E+21 |
| Energia química da chuva          | Renováveis       | 1,16E+23 | 1,16E+23 | 1,12E+23 | 1,10E+23 | 2,43E+23 | 2,42E+23 | 7,89E+23 | 7,88E+23 | 1,33E+23 | 1,32E+23 |
| Energia poten. da chuva (J)       | Renováveis       | 4,27E+22 | 4,26E+22 | 3,75E+22 | 3,75E+22 | 1,09E+23 | 1,07E+23 | 1,21E+23 | 1,21E+23 | 2,79E+22 | 2,79E+22 |
| Energia do vento (J)              | Renováveis       | 7,93E+22 | 7,91E+22 | 9,25E+22 | 9,25E+22 | 3,91E+22 | 3,92E+22 | 9,15E+22 | 9,14E+22 | 1,74E+23 | 1,73E+23 |
| Ondas (J)                         | Renováveis       | 5,25E+22 | 5,25E+22 | 5,34E+22 | 5,33E+22 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 1,27E+21 | 1,27E+21 | 3,66E+22 | 3,66E+22 |
| Maré (J)                          | Renováveis       | 2,16E+22 | 2,17E+22 | 7,68E+22 | 7,68E+22 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 1,88E+23 | 1,88E+23 | 4,13E+23 | 4,12E+23 |
| Calor da terra (J)                | Renováveis       | 6,25E+22 | 6,25E+22 | 1,02E+23 | 1,00E+23 | 1,73E+23 | 1,74E+23 | 4,19E+23 | 4,18E+23 | 1,69E+23 | 1,69E+23 |
| Hidroeletricidade (J)             | Transf. Internas | 1,38E+23 | 1,37E+23 | 1,93E+23 | 1,90E+23 | 7,21E+22 | 7,21E+22 | 5,95E+22 | 5,95E+22 | 7,92E+22 | 7,91E+22 |
| Produção agrícola (J)             | Transf. Internas | 2,71E+23 | 2,71E+23 | 7,14E+22 | 7,15E+22 | 1,98E+23 | 1,98E+23 | 1,57E+22 | 1,56E+22 | 4,54E+22 | 4,54E+22 |
| Produtos de pecuária e Outros (J) | Transf. Internas | 1,45E+23 | 1,44E+23 | 1,69E+23 | 1,67E+23 | 2,66E+23 | 2,65E+23 | 1,52E+23 | 1,49E+23 | 1,51E+23 | 1,50E+23 |
| Pescados (J)                      | Transf. Internas | 8,97E+21 | 8,97E+21 | 6,91E+21 | 6,91E+21 | 1,77E+21 | 1,77E+21 | 8,38E+21 | 8,38E+21 | 1,17E+22 | 1,17E+22 |
| Produção de lenha (J)             | Transf. Internas | 1,25E+21 | 1,25E+21 | 5,52E+20 | 5,50E+20 | 6,03E+20 | 6,02E+20 | 1,78E+21 | 1,76E+21 | 4,97E+21 | 4,97E+21 |
| Extração florestal (J)            | Transf. Internas | 2,23E+20 | 2,23E+20 | 2,83E+19 | 2,83E+19 | 4,56E+20 | 4,56E+20 | 2,72E+21 | 2,72E+21 | 3,57E+20 | 3,58E+20 |
| Gás natural (J)                   | Não Renov.       | 8,76E+19 | 8,76E+19 | 2,38E+22 | 2,38E+22 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 9,05E+21 | 9,05E+21 | 1,34E+22 | 1,34E+22 |
| Petróleo (J)                      | Não Renov.       | 8,60E+22 | 8,60E+22 | 2,44E+23 | 2,41E+23 | 4,72E+22 | 4,72E+22 | 4,06E+22 | 4,03E+22 | 7,32E+22 | 7,32E+22 |
| Carvão (J)                        | Não Renov.       | 1,12E+22 | 1,10E+22 | 1,40E+20 | 1,41E+20 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 6,72E+18 | 6,71E+18 |
| Minerais (g)                      | Não Renov.       | 2,89E+22 | 2,89E+22 | 1,30E+23 | 1,30E+23 | 3,13E+22 | 3,03E+22 | 1,28E+22 | 1,28E+22 | 2,50E+22 | 2,50E+22 |
| Metais (g)                        | Não Renov.       | 3,08E+19 | 3,06E+19 | 1,05E+24 | 1,01E+24 | 2,02E+21 | 2,02E+21 | 7,94E+22 | 7,93E+22 | 8,47E+22 | 8,46E+22 |
| Perda do solo (g)                 | Não Renov.       | 4,16E+23 | 4,17E+23 | 1,64E+23 | 1,64E+23 | 4,62E+23 | 4,62E+23 | 5,88E+22 | 5,88E+22 | 3,12E+23 | 3,12E+23 |
| Combustíveis (J)                  | Importados       | 2,41E+22 | 2,41E+22 | 1,43E+23 | 1,40E+23 | 3,26E+22 | 3,26E+22 | 7,91E+20 | 7,84E+20 | 2,99E+22 | 2,99E+22 |
| Metais (g)                        | Importados       | 5,53E+20 | 5,53E+20 | 2,08E+21 | 2,07E+21 | 1,53E+20 | 1,50E+20 | 2,26E+21 | 2,26E+21 | 1,68E+21 | 1,68E+21 |
| Minerais (g)                      | Importados       | 4,65E+22 | 4,64E+22 | 1,63E+22 | 1,63E+22 | 2,09E+22 | 2,07E+22 | 9,19E+20 | 9,19E+20 | 1,33E+22 | 1,30E+22 |
| Produtos agrícolas (J)            | Importados       | 1,36E+22 | 1,36E+22 | 1,30E+22 | 1,30E+22 | 1,27E+21 | 1,27E+21 | 1,16E+21 | 1,10E+21 | 1,17E+22 | 1,17E+22 |
| Produção pecuária (J)             | Importados       | 1,13E+21 | 1,13E+21 | 5,21E+20 | 5,20E+20 | 1,43E+20 | 1,43E+20 | 2,85E+18 | 2,85E+18 | 4,39E+20 | 4,39E+20 |
| Plástico e borracha (J)           | Importados       | 5,16E+20 | 5,16E+20 | 7,55E+20 | 7,55E+20 | 2,40E+19 | 2,40E+19 | 3,25E+19 | 3,25E+19 | 1,34E+20 | 1,34E+20 |
| Químicos (g)                      | Importados       | 5,53E+22 | 5,55E+22 | 6,34E+22 | 6,30E+22 | 1,95E+22 | 1,95E+22 | 1,82E+22 | 1,80E+22 | 3,85E+22 | 3,85E+22 |
| Materiais finalizados (g)         | Importados       | 3,78E+22 | 3,78E+22 | 8,10E+22 | 8,10E+22 | 2,02E+21 | 2,01E+21 | 3,08E+21 | 3,08E+21 | 1,45E+22 | 1,41E+22 |
| Máquinas e equipamentos           | Importados       | 2,72E+21 | 2,72E+21 | 4,72E+21 | 4,72E+21 | 6,81E+20 | 6,81E+20 | 2,57E+21 | 2,56E+21 | 1,09E+21 | 1,08E+21 |
| Serviços (\$)                     | Importados       | 8,24E+22 | 8,24E+22 | 2,42E+23 | 2,42E+23 | 1,97E+22 | 1,97E+22 | 2,69E+22 | 2,62E+22 | 4,02E+22 | 4,02E+22 |
| Produtos agrícolas (J)            | Exportados       | 1,04E+23 | 1,00E+23 | 9,11E+22 | 9,06E+22 | 8,53E+22 | 8,53E+22 | 3,26E+21 | 3,26E+21 | 2,52E+22 | 2,52E+22 |
| Produção pecuária (J)             | Exportados       | 5,05E+22 | 5,05E+22 | 1,19E+22 | 1,19E+22 | 1,74E+22 | 1,73E+22 | 5,77E+21 | 5,77E+21 | 1,17E+21 | 1,12E+21 |
| Materiais finalizados             | Exportados       | 3,58E+22 | 3,58E+22 | 6,52E+22 | 6,50E+22 | 3,83E+20 | 3,83E+20 | 3,75E+21 | 3,84E+21 | 1,62E+22 | 1,60E+22 |
| Combustíveis (J)                  | Exportados       | 1,32E+22 | 1,31E+22 | 1,93E+23 | 1,93E+23 | 5,74E+19 | 5,74E+19 | 1,97E+20 | 1,97E+20 | 1,95E+22 | 1,95E+22 |
| Metais (g)                        | Exportados       | 1,16E+21 | 1,16E+21 | 3,14E+23 | 3,14E+23 | 3,61E+22 | 3,61E+22 | 2,38E+23 | 2,37E+23 | 5,15E+22 | 5,15E+22 |
| Minerais (g)                      | Exportados       | 5,25E+20 | 5,21E+20 | 2,23E+21 | 2,23E+21 | 3,23E+20 | 3,22E+20 | 4,79E+19 | 4,79E+19 | 1,73E+21 | 1,73E+21 |
| Químicos (g)                      | Exportados       | 1,49E+22 | 1,47E+22 | 6,49E+22 | 6,44E+22 | 2,94E+21 | 2,94E+21 | 2,54E+20 | 2,50E+20 | 2,73E+22 | 2,72E+22 |
| Máquinas e equipamentos           | Exportados       | 7,15E+21 | 7,15E+21 | 1,35E+22 | 1,30E+22 | 1,06E+20 | 1,06E+20 | 2,13E+20 | 2,13E+20 | 8,78E+20 | 8,78E+20 |
| Plástico e borracha (J)           | Exportados       | 2,57E+20 | 2,57E+20 | 9,92E+20 | 9,94E+20 | 2,08E+19 | 2,00E+19 | 5,61E+17 | 5,88E+17 | 3,79E+20 | 3,77E+20 |
| Serviços (\$)                     | Exportados       | 1,54E23  | 1,5E23   | 2,76E23  | 2,7E23   | 8,63E22  | 8,61E22  | 2,40E23  | 2,36E23  | 9,72E22  | 9,69E22  |

(1) Valores apresentados pelo software SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Regiões - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   | (1)   | (2)   |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |         | S     | S     | SE    | SE    | CO    | CO    | N     | N     | NE    | NE    |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 2,43  | 2,43  | 3,24  | 3,24  | 5,24  | 5,24  | 15,15 | 15,15 | 7,54  | 7,54  |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 5,53  | 5,53  | 15,76 | 15,76 | 5,44  | 5,44  | 2,13  | 2,13  | 5,25  | 5,25  |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 2,65  | 2,65  | 5,63  | 5,63  | 0,97  | 0,97  | 0,55  | 0,55  | 1,51  | 1,51  |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 10,60 | 10,60 | 24,64 | 24,64 | 11,65 | 11,65 | 17,83 | 17,83 | 14,30 | 14,30 |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 3,73  | 3,73  | 10,24 | 10,24 | 2,29  | 2,29  | 4,86  | 4,86  | 2,40  | 2,40  |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 75%   | 75%   | 77%   | 77%   | 92%   | 92%   | 97%   | 97%   | 89%   | 89%   |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -1,08 | -1,08 | -4,61 | -4,61 | -1,32 | -1,32 | -4,31 | -4,31 | -0,90 | -0,90 |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 1,41  | 1,41  | 1,82  | 1,82  | 2,36  | 2,36  | 8,86  | 8,86  | 1,59  | 1,59  |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 22,88 | 22,88 | 13,16 | 13,16 | 44,98 | 44,98 | 84,97 | 84,97 | 52,75 | 52,75 |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 24,97 | 24,97 | 22,87 | 22,87 | 8,31% | 8,31% | 3,08% | 3,08% | 10,54 | 10,54 |
| Fração de serviços importados                             | %       | 7,77% | 7,77% | 9,83% | 9,83% | 1,69% | 1,69% | 1,47% | 1,47% | 2,81% | 2,81% |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 63,15 | 63,15 | 20,13 | 20,13 | 84,85 | 84,85 | 88,99 | 88,99 | 75,73 | 75,73 |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 18,40 | 18,40 | 26,65 | 26,65 | 7,25  | 7,25  | 4,63  | 4,63  | 9,20  | 9,20  |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 3,83  | 3,83  | 3,04  | 3,04  | 8,38  | 8,38  | 11,61 | 11,61 | 2,67  | 2,67  |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 6,34  | 6,34  | 10,65 | 10,65 | 6,25  | 6,25  | 13,05 | 13,05 | 28,26 | 28,26 |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>6</sup> | pop     | 50,75 | 50,75 | 85,18 | 85,18 | 50,00 | 50,00 | 104,4 | 104,4 | 226,1 | 226,1 |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,43  | 0,43  | 0,30  | 0,30  | 0,89  | 0,89  | 2,40  | 2,40  | 0,74  | 0,74  |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 15%   | 15%   | 9%    | 9%    | 7%    | 7%    | 3,93% | 3,93% | 6,50% | 6,50% |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 3,50  | 3,50  | 3,27  | 3,27  | 3,40  | 3,40  | 3,21  | 3,21  | 1,62  | 1,62  |
| EYR   |         | 4,01  | 4,01  | 4,37  | 4,37  | 12,03 | 12,03 | 32,48 | 32,48 | 9,48  | 9,48  |
| ELR   |         | 3,37  | 3,37  | 6,60  | 6,60  | 1,22  | 1,22  | 0,18  | 0,18  | 0,90  | 0,90  |
| EIR   |         | 0,33  | 0,33  | 0,30  | 0,30  | 0,09  | 0,09  | 0,03  | 0,03  | 0,12  | 0,12  |
| ESI   |         | 1,19  | 1,19  | 0,66  | 0,66  | 9,83  | 9,83  | 183,5 | 183,5 | 10,59 | 10,59 |
| IDH   |         | 0,83  | 0,83  | 0,82  | 0,82  | 0,82  | 0,82  | 0,76  | 0,76  | 0,72  | 0,72  |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 24,60 | 24,60 | 83,40 | 83,40 | 13,11 | 13,11 | 7,42  | 7,42  | 19,32 | 19,32 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (sej/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (sej/ano)

## Brasil – Fluxos

| Fluxo                             | Grupo            | (1)      | (2)      |
|-----------------------------------|------------------|----------|----------|
|                                   |                  | BR       | BR       |
| Energia solar (J)                 | Renováveis       | 3,87E+22 | 3,88E+22 |
| Energia química da chuva (J)      | Renováveis       | 1,21E+24 | 1,21E+24 |
| Energia poten. da chuva (J)       | Renováveis       | 3,30E+23 | 3,31E+23 |
| Energia do vento (J)              | Renováveis       | 5,61E+23 | 5,61E+23 |
| Ondas (J)                         | Renováveis       | 1,21E+23 | 1,20E+23 |
| Maré (J)                          | Renováveis       | 6,43E+23 | 6,43E+23 |
| Calor da terra (J)                | Renováveis       | 9,24E+23 | 9,24E+23 |
| Hidroeletricidade (J)             | Transf. Internas | 5,38E+23 | 5,38E+23 |
| Produção agrícola (J)             | Transf. Internas | 6,02E+23 | 6,01E+23 |
| Produtos de pecuária e Outros (J) | Transf. Internas | 8,75E+23 | 8,75E+23 |
| Pescados (J)                      | Transf. Internas | 3,77E+22 | 3,77E+22 |
| Produção de lenha (J)             | Transf. Internas | 9,15E+21 | 9,13E+21 |
| Extração florestal (J)            | Transf. Internas | 3,78E+21 | 3,78E+21 |
| Gás natural (J)                   | Não Renováveis   | 4,63E+22 | 4,63E+22 |
| Petróleo (J)                      | Não Renováveis   | 4,88E+23 | 4,88E+23 |
| Carvão (J)                        | Não Renováveis   | 1,13E+22 | 1,11E+22 |
| Minerais (g)                      | Não Renováveis   | 2,27E+23 | 2,27E+23 |
| Metais (g)                        | Não Renováveis   | 1,18E+24 | 1,18E+24 |
| Perda do solo (g)                 | Não Renováveis   | 1,51E+24 | 1,50E+24 |
| Combustíveis (J)                  | Importados       | 4,23E+23 | 4,23E+23 |
| Metais (g)                        | Importados       | 2,28E+23 | 2,27E+23 |
| Minerais (g)                      | Importados       | 6,72E+21 | 6,72E+21 |
| Produtos agrícolas (J)            | Importados       | 9,74E+22 | 9,74E+22 |
| Produção pecuária (J)             | Importados       | 4,09E+22 | 4,07E+22 |
| Plástico e borracha (J)           | Importados       | 2,24E+21 | 2,24E+21 |
| Químicos (g)                      | Importados       | 1,46E+21 | 1,46E+21 |
| Materiais finalizados (g)         | Importados       | 1,94E+23 | 1,95E+23 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Importados       | 1,38E+23 | 1,38E+23 |
| Serviços (\$)                     | Importados       | 1,17E+22 | 1,18E+22 |
| Produtos agrícolas (J)            | Exportados       | 4,13E+23 | 4,11E+23 |
| Produção pecuária (J)             | Exportados       | 3,05E+23 | 3,04E+23 |
| Materiais finalizados             | Exportados       | 8,65E+22 | 8,65E+22 |
| Combustíveis (J)                  | Exportados       | 1,22E+23 | 1,21E+23 |
| Metais (g)                        | Exportados       | 2,26E+23 | 2,26E+23 |
| Minerais (g)                      | Exportados       | 6,40E+23 | 6,40E+23 |
| Químicos (g)                      | Exportados       | 4,89E+21 | 4,84E+21 |
| Máquinas e equipamentos (g)       | Exportados       | 1,12E+23 | 1,09E+23 |
| Plástico e borracha (J)           | Exportados       | 2,15E+22 | 2,14E+22 |
| Serviços (\$)                     | Exportados       | 8,32E+23 | 8,3E+23  |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)

## Brasil - Indicadores

| Indicadores   | Unid.   | (1)    | (2)    |
|---|---------|--------|--------|
|   |         | BR     | BR     |
| Renovável (R) /10 <sup>23</sup>                           | sej/ano | 31,08  | 31,09  |
| Não-Renováveis (N) /10 <sup>23</sup>                      | sej/ano | 34,96  | 34,95  |
| Energia Importada (Ftotal) /10 <sup>23</sup>              | sej/ano | 11,31  | 11,31  |
| Energia Total (U) /10 <sup>23</sup>                       | sej/ano | 77,34  | 77,35  |
| Energia Exportada (PE) /10 <sup>23</sup>                  | sej/ano | 23,46  | 23,44  |
| Fração de Fontes Internas                                 | %       | 85%    | 85%    |
| Importados menos Exportados /10 <sup>23</sup>             |         | -12,16 | -12,14 |
| Exportados / Importados                                   | sej/ano | 2,08   | 2,07   |
| Fração Recursos Renováveis                                | %       | 40,22% | 40,20% |
| Fração de recursos econômicos                             | %       | 14,60% | 14,62% |
| Fração de serviços importados                             | %       | 5,31%  | 5,31%  |
| Fração dos recursos gratuitos                             | %       | 60,21% | 60,21% |
| Uso por unidade de área, / 10 <sup>15</sup>               | sej/ha  | 9,08   | 9,08   |
| Uso por pessoa /10 <sup>16</sup>                          | sej/pop | 4,05   | 4,04   |
| Capacidade de Carga /10 <sup>6</sup>                      | pop     | 76,97  | 76,97  |
| Capacidade de Carga Padrão Desenvolvidos /10 <sup>5</sup> | pop     | 615,72 | 615,72 |
| EMR /10 <sup>13</sup>                                     | sej/\$  | 0,53   | 0,52   |
| Razão do uso de eletricidade                              |         | 8%     | 8%     |
| Combustível usado por pessoa /10 <sup>15</sup>            | sej/pop | 2,85   | 2,85   |
| EYR   |         | 6,84   | 6,84   |
| ELR   |         | 1,49   | 1,49   |
| EIR   |         | 0,17   | 0,17   |
| ESI   |         | 4,61   | 4,60   |
| IDH   |         | 0,69   | 0,69   |
| PIB /10 <sup>10</sup>                                     | \$      | 147,85 | 147,85 |

(1) Valores apresentados pelo *software* SCASE (seJ/ano)

(2) Valores encontrados em Demétrio (2011) (seJ/ano)