

**UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP**

**PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**CONTABILIDADE EM EMERGIA  
DA CADEIA DE FORNECIMENTO  
DE CALÇAS JEANS**

**EDUARDO FERREIRA BLATT**

**SÃO PAULO**

**2018**

# **UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP**

## **PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

### **CONTABILIDADE EM EMERGIA DA CADEIA DE FORNECIMENTO DE CALÇAS JEANS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista - UNIP.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cecília Maria Villas Bôas de Almeida.

Área de concentração: Sustentabilidade em Sistemas de Produção.

Linha de pesquisa: Avanços em Produção mais Limpa e Ecologia Industrial.

Projeto de pesquisa: Avaliação e Aplicação de Indicadores para Desenvolvimento Sustentável.

**EDUARDO FERREIRA BLATT**

**SÃO PAULO  
2018**

**Blatt, Eduardo Ferreira.**

**Contabilidade em emergia da cadeia de fornecimento de calças jeans / Eduardo Ferreira Blatt. - 2018.**

155 f. : il. + CD+ROM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2018.

Área de concentração: Sustentabilidade em Sistemas de Produção.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cecília Maria Villas Bôas de Almeida.

Coorientador: Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti.

1. Emergia. 2. Contabilidade ambiental. 3. Calças jeans.
4. Indústria têxtil. I. Almeida, Cecília Maria Villas Bôas de (orientadora). II. Giannetti, Biagio Fernando (coorientador). III. Título.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário Rodney Eloy CRB8-6450

**EDUARDO FERREIRA BLATT**

**CONTABILIDADE EM EMERGIA  
DA CADEIA DE FORNECIMENTO  
DE CALÇAS JEANS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cecília Maria Villas Bôas de Almeida – UNIP

---

Prof. Dr. Feni Dalano Roosevelt Agostinho – UNIP

---

Prof. Dr. Luiz Alexandre Kulay – USP

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, pelo amor e constante apoio, sobretudo nos momentos de desafios da minha vida acadêmica, e pela contribuição para o estabelecimento das bases dos meus princípios.

À minha mãe, por todo o esforço e empenho em dar aos filhos orientação aos estudos e à formação acadêmica, que hoje está a dar frutos.

Em especial, à minha esposa, Marieta, por seu amor incondicional, por ser a minha companheira de aventuras, pelos sacrifícios e pela compreensão diante das muitas horas em que estive ausente, dedicando-me aos estudos.

Aos meus filhos, Miguel e Matthäus, pelo carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, pela graça e pelas bênçãos que recebo a cada dia e pelo discernimento que guia as minhas decisões.

À CAPES/PROSUP, pelo apoio, por meio da bolsa de estudos de Mestrado.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cecília Maria Villas Bôas de Almeida, por compartilhar seus conhecimentos e pela sua constante disposição, essenciais para a elaboração e desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, LaProMa, que fizeram parte deste caminho, trocando momentos de alegria e enriquecimento pessoal.

Aos professores doutores Biagio F. Giannetti e Feni D.R. Agostinho, pelos momentos dedicados a apoiar, incentivar e ensinar aos seus alunos, com grande vocação e entusiasmo.

Ao Prof. Dr. Luiz Alexandre Kulay, pelo tempo dedicado à revisão deste trabalho e pelas importantes contribuições à pesquisa.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia H. Bonilla, pela amizade, pelos conhecimentos passados e pelas boas conversas, que me ajudaram e me incentivaram neste caminho.

A todos os parentes e amigos que, com nobreza, me ajudaram e torceram para que minhas metas fossem atingidas.

## RESUMO

O setor da Indústria Têxtil Brasileira tem uma participação estratégica na economia do País, emprega mais de um milhão de trabalhadores e faz uso intensivo de recursos ambientais, sociais e econômicos. Os tomadores de decisões da indústria desse setor que desejam aplicar as ações de Produção mais Limpa (P+L) dependem da identificação dos fatores com maior significância em cada etapa de produção têxtil. A contabilidade de energia atenta em medir o trabalho ambiental necessário para gerar bens e serviços. O propósito desta dissertação é empregar a contabilidade ambiental em energia para analisar o sistema de produção têxtil brasileiro e determinar quais itens de produção têm maior relevância em cada etapa produtiva têxtil, com perspectiva em desenvolvimento industrial sustentável. Este estudo leva em consideração a diversidade da produção algodoeira brasileira por região e a distribuição e capacidade das unidades industriais têxteis. O início da cadeia de produção para a obtenção da calça jeans está na agricultura do algodão. As plumas oriundas da colheita são limpas e embaladas em fardos no cotonifício e enviadas às fiações. Estas transformam os fardos de algodão em bobinas de fios para serem entrelaçados e tintos na tecelagem que produz o tecido jeans denim, o principal insumo na produção do vestuário (calça jeans denim básica com cinco bolsos) na indústria de confecção, e que tem contato com o mercado consumidor, por meio de lojas comerciais de vendas das calças. A análise da cadeia completa mostra que percentualmente as etapas que mais empregam recursos e energia são as confecções, com 47,41%, e a tecelagem, com 16,14%. Na tecelagem, destacam-se as contribuições do diesel, com 8,46% para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o tingimento do tecido de jeans, e a eletricidade, com 3,6% para movimentar toda a planta. Já nas confecções, como esperado, destaca-se a contribuição da mão de obra com uma participação de 28,46% no emprego dos recursos financeiros, seguida da eletricidade, com 5,8%, e do diesel, com 2,68% para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o acabamento das calças e das edificações, com 2,65%. É pequena a contribuição dos recursos renováveis (2,79%) e não renováveis (0,11%).

Palavras-chave: Energia; Contabilidade Ambiental; Calças Jeans; Indústria Têxtil.

## ABSTRACT

Brazilian Textile Industry sector has a strategic participation in the country's economy, employing more than one million workers and using intensive environmental, social, and economic resources. The industry decision makers of this sector that want to implement the Cleaner Production actions depend on identifying the factors with more significance at each textile production step. Emergy accounting measures the environmental work required to generate goods and services. The aim of this Master thesis is applying environmental accounting in Emergy to analyze the Brazilian production system of cotton textile, and determine which production items, have more relevance at each textile production step with industrial sustainable development perspective. This study takes into consideration the diversity of Brazilian cotton production per region and the textile industrial facilities distribution and capacity. The beginning of the textile production chain for the production of jeans is cotton agriculture. The cotton lint from the harvest are cleaned and packed in bales in the cotton gin mill and sent to the spinning mills that transform the cotton bales into coils of yarns to be interlaced and dyed in the weaving mills that produces denim jeans fabric. Which is the main input in the production of clothing (basic denim jeans with five pockets) in the apparel industry and lastly. It has contact with the consumer market through commercial stores selling pants. The analysis of the complete chain shows that the percentage of the stages that most useful resources and energy are the apparel mill with 47.41% and the weaving mill with 16.14%. In the weaving, the contributions of diesel with 8.46% to heat the boilers and to obtain the necessary steam for the dyeing of the fabric of jeans and the electricity with 3.6% to move the entire plant stand out. In the apparel mill sector, as expected, the contribution of the labor force with a participation in the use of financial resources was 28.46%, followed by electricity in 5.8% and diesel with 2.68% in order to heat the boilers and obtain the steam necessary for the finishing of the pants and buildings with 2.65%. This is small the contribution of renewable resources with 2.79% and, non-renewable resources with 0.11%.

Keywords: Emergy; Environmental accounting; Denim Jeans Pants; Textile industry.

## LISTA DE TABELAS

Tab	Nome	Pag.
1	Importância do setor têxtil na economia brasileira em 2015	18
2	Coeficientes técnicos de produção – quantidade média da demanda de nutrientes para obter 5000 kg/ha na colheita do algodão	40
3	Custo de produção por hectare, irrigação convencional por sprinkler e com produtividade estimada de 5000 kg/ha	41
4	Avaliação em emergia da agricultura do algodão para a produção 3924 kg/ha ano	50
5	Indicadores tradicionais empregados pela metodologia (ODUM, 1996) do cultivo de algodão, comparados com os encontrados na literatura	51
6	Avaliação em Emergia de um cotonifício, produção 7000 toneladas algodão embalado em fardos por ano	53
7	Índices calculados em emergia de um cotonifício, produção 7000 toneladas algodão embalado em fardos por ano	54
8	Avaliação em emergia de uma fiação, produção 8000 toneladas fios de algodão em bobinas por ano	55
9	Índices calculados em emergia de uma fiação, produção 8000 toneladas em bobinas de algodão por ano	56
10	Avaliação em Emergia de uma tecelagem, produção 11905 toneladas tecido jeans embalado em rolos por ano	57
11	Índices calculados em emergia de uma tecelagem, produção 11905 toneladas tecido jeans embalado em rolos por ano	58
12	Avaliação em Emergia de uma confecção, produção 350000 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano	59
13	Índices calculados em emergia de uma confecção, produção 350000 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano	60
14	Avaliação em emergia de um comércio de calças, que revende 103483 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano	62
15	Índices calculados em emergia de um comércio de calças, que revende 103483 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano	62
16	Resumo dos principais indicadores em emergia para as unidades da cadeia de fornecimento das calças jeans	64
17	Contabilidade em emergia da cadeia de fornecimento da calça jeans	65
18	Indicadores em emergia para a cadeia de fornecimento das calças jeans	67
19	Compare Area / Yield / Production	77
20	Production cotton agriculture participation per Brazilian region	78
21	Global Position of main cotton plantation spots in Brazil	79
22	Nearest Metrologic Station	80
23	(P) Plantation and (H) Harvest seasons per localization (Brazilian Cotton Agriculture Calendar)	81
24	Sun – Unit Joule (J)	82
25	Solar irradiation per cotton production region	83
26	Wind – Unit Joule (J)	85

27	Wind power density per cotton production region	86
28	Rain – Geo Potential Energy – Unit Joule (J)	88
29	Rain Chemical Energy – Unit Joule (J)	89
30	Rain precipitation per cotton production region	89
31	Net Topsoil Loss – Unit Joule (J)	91
32	Millet Seeds – Unit Joule (J)	92
33	Cotton Seeds – Unit Joule (J)	93
34	Machine – Unit Gram (g)	93
35	Fuel – Unit Joule (J)	96
36	NITROGEN – Unit Gram (g)	97
37	PHOSPHATE – Unit Gram (g)	97
38	POTASH – Unit Gram (g)	98
39	LIMESTONE (Calcium Carbonate -CaCO <sub>3</sub> ) – Unit Gram (g)	98
40	Pesticides, Fungicides, and Herbicides – Unit Gram (g)	99
41	LABOR – Unit Person	100
42	SERVICES – Unit US\$ (2011)	102
43	Demanda de eletricidade, água e combustível por ano do cotonifício	103
44	Relação de máquinas e equipamentos – cotonifício	103
45	Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – cotonifício	104
46	Demanda de eletricidade, água e combustível por ano da fiação	105
47	Fiação convencional com capacidade produtiva de 8000 toneladas por ano	105
48	Relação de máquinas e equipamentos – fiação	105
49	Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – fiação	106
50	Detalhes do tecido jeans – tecelagem	107
51	Detalhes de construção do tecido denim – dados de produção – tecelagem	108
52	Detalhes das máquinas e equipamentos – tecelagem	109
53	Edificações – tecelagem	110
54	Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – tecelagem	111
55	Detalhes da calça jeans – confecção	112
56	Dados de produção – confecção	114
57	Consumo de linha de costura para a construção de uma calça jeans (polegadas) – confecção	115
58	Edificações – confecção	116
59	Máquinas e equipamentos – confecção	117
60	Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – confecção	118
61	Descrição técnica do comércio de calças jeans – comércio de calças	119
62	Edificações – comércio de calças	120
63	Máquinas e equipamentos – comércio de calças	121
64	Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – comércio	122
65	Electricity – Unit Joule (J)	123
66	Diesel Fuel – Unit Joule (J)	123
67	Water – Unit Gram (g)	124

68	Cotton – Unit Gram (g)	124
69	Building – Unit Square Meter (m2)	125
70	Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)	125
71	Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g * km)	126
72	Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)	127
73	Services – Unit US\$ (Jan-2011)	128
74	Electricity – Unit Joule (J)	129
75	Diesel Fuel – Unit Joule (J)	129
76	Water – Unit Gram (g)	130
77	Cotton – Unit Gram (g)	130
78	Building – Unit Square Meter (m2)	131
79	Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)	132
80	Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g * km)	132
81	Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)	133
82	Services – Unit US\$ (Jan-2011)	134
83	Electricity – Unit Joule (J)	135
84	Water – Unit Gram (g)	135
85	Diesel Fuel – Unit Joule (J)	136
86	Dyestuff – Unit Gram (g)	136
87	Chemicals – Unit Gram (g)	137
88	Denim Fabric – Unit Gram (g)	137
89	Equipment Machine Weight – Unit Kilogram (kg)	138
90	Building – Unit Square Meter (m2)	138
91	Truck Transport – Unit Gram * Kilometer (g * km)	139
92	Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)	140
93	Services – Unit US\$ (Jan-2011)	141
94	Electricity – Unit Joule (J) – Apparel Mill	142
95	Water – Unit Gram (g)	142
96	Diesel Fuel – Unit Joule (J)	143
97	Denim Fabric – Unit Gram (g)	143
98	Chemicals – Unit Gram (g)	144
99	Sewing Thread – Unit Gram (g)	145
100	Pocket Lining – Unit Gram (g)	145
101	Button Zip Rivet – Unit Gram (g)	146
102	Label – Unit Gram (g)	146
103	Tag – Unit Gram (g)	147
104	Building – Unit Square Meter (m2)	147
105	Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)	148
106	Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g * km)	148
107	Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)	149
108	Services – Unit US\$ (Jan-2011)	150
109	Electricity – Unit Joule (J)	151

110	Denim Pants – Unit Gram (g)	152
111	Plastic Envelope Bag – Unit Gram (g)	152
112	Cardboard Bag – Unit Gram (g)	152
113	Building – Unit Square Meter (m2)	153
114	Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)	153
115	Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)	154
116	Services – Unit US\$ (Jan-2011)	155

## LISTA DE FIGURAS

Fig.	Nome	Pág.
1	Símbolos para uso nos diagramas de energia	33
2	Sistema produtivo da cadeia têxtil para a produção da calça jeans brasileira em 2015	36
3	Diagrama de energia da cadeia têxtil estudada	36
4	Detalhe da etapa industrial do diagrama da Figura 3	36
5	Diagrama de energia cultura do algodão	37
6	Distribuição da produção algodeira no Brasil	38
7	Diagrama de energia cotonifício	42
8	Diagrama de energia fiação	43
9	Diagrama de energia tecelagem	45
10	Diagrama de energia confecção	46
11	Diagrama de energia mercado de calças jeans	47
12	Nearest Metrologic Station	80

## LISTA DE UEVs (Unit Emergy Value)

			Base Line Factor	1.27E+00
Description	Value	Unit	Reference	Corrected
Bulding Construction UEV	4.07E+15	seJ/m <sup>2</sup>	(Cutrim, 2012)	5.17E+15
Button, Zip, Rivet UEV	1.68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)	2.13E+09
Chemicals UEV	1.68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)	2.13E+09
Cotton (Bale) UEV	1.26E+11	seJ/g	This study - table 22	1.26E+11
Cotton (Denim Pants) UEV	2.42E+11	seJ/g	This study - table 28	2.42E+11
Cotton (Denim Fabric) UEV	1.88E+11	seJ/g	This study - table 28	1.88E+11
Cotton (Plume) UEV	1.51E+09	seJ/g	This study - table 22	1.51E+09
Cotton (Seeds) UEV	3.72E+05	seJ/J	(Cohen et al., 2006)	4.72E+05
Cotton (Yarn) UEV	1.34E+11	seJ/g	This study - table 26	1.34E+11
Dyestuff UEV	1.68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)	2.13E+09
Electricity UEV	1.60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)	2.03E+05
Fuel (diesel) UEV	1.10E+05	seJ/J	(Odum et al., 2000)	1.40E+05
Label Polyester (plastic) UEV	3.15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)	4.00E+09
Labor UEV	1.15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)	1.46E+07
Limestone (CaCO <sub>3</sub> ) UEV	1.68E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)	2.13E+09
Millet Seeds UEV	1.13E+05	seJ/J	(Cohen et al., 2006)	1.44E+05
Net Topsoil Loss UEV	7.38E+04	seJ/J	(Odum, 1996)	9.37E+04
Nitrogen UEV	6.62E+09	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)	8.41E+09
Paper UEV	1.68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)	2.13E+09
Pesticides, Fungicides, Herbicides UEV	1.48E+10	seJ/g	(Brown e Arding, 1991)	1.88E+10
Phosphate UEV	9.35E+09	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)	1.19E+10
Plastic UEV	3.15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)	4.00E+09
Pocket Lining (cotton fabric) UEV	1.88E+11	seJ/g	This study - table 28	1.88E+11
Potash UEV	9.32E+08	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)	1.18E+09
Rain Chemical Energy UEV	3.06E+04	seJ/J	(Odum, 1996)	3.89E+04
Rain GeoPotential Energy UEV	1.76E+04	seJ/J	(Odum, 1996)	2.24E+04
Rubber UEV	4.30E+09	seJ/g	(Brown e Arding, 1991)	5.46E+09
Sewing Thread (Plastic) UEV	3.15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)	4.00E+09
Solar UEV	1.00E+00	seJ/J	(Odum, 1996)	1.00E+00
Steel UEV	1.48E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)	1.88E+09
Transport by Truck UEV	9.19E+04	seJ/g km	(Pulselli et al., 2008)	1.17E+05
Unit Solar Emergy for Service	5.60E+12	seJ/US\$	(Faria, 2017)	5.60E+12
Water UEV	4.80E+04	seJ/g	(Odum et al., 2000)	6.10E+04
Wind Kinetics Energy UEV	2.52E+03	seJ/J	(Odum, 1996)	3.20E+03

## LISTA DE ABREVIACÕES E ACRONIMOS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment)
EIR	Taxa de Investimento em Emergia (Emergy Investment Ratio)
ELR	Taxa de Carga Ambiental (Environmental Load Ratio)
Emergia	Somatória dos recursos renováveis gratuitos (R), dos recursos não renováveis (N) e dos recursos provenientes da economia (F) de um determinado processo produtivo. É a saída em emergia do sistema em estudo (Y).
EMR	A razão da emergia pelo dinheiro (Emergy Money Ratio) é obtida pela divisão da emergia total do sistema (Y) pelo PIB. O EMR calculado para a economia nacional pode determinar o poder de compra de sua moeda. Assim, se mais dinheiro circula para um dado fluxo de emergia ou se o fluxo de emergia diminui para um dado fluxo de dinheiro, o poder de compra diminui. O poder de compra aumenta quando o fluxo de emergia aumenta em relação ao fluxo de dinheiro. $EMR = Y / PIB$
ESI	Índice de Sustentabilidade Ambiental (Environmental Sustainability Index)
EYR	Taxa de Rendimento em Emergia (Emergy Yield Ratio)
F	Recursos Adquiridos da Economia (Purchased Resources)
N	Fontes Não Renováveis (Non renewable resources)
NEAD	Base de Dados da Contabilidade Nacional em Emergia (National Emergy Accounting Database)
R	Fontes Renováveis (Renewable resources)
seJ	Equivalente Solar em Joules (Solar Equivalent Joules)
Transformidade	É a razão entre a emergia total do sistema (fluxo de emergia) dividida pela energia dos produtos em estudo. Quando um processo é diretamente suportado pela energia solar, a transformidade indica a convergência de energia solar que dá origem a um produto.
UEV	Valores em Unidade de Emergia (Unit Emergy Values)
US\$ (2011)	Cotação do dólar norte-americano em janeiro de 2011
Y	Rendimento (Yield), a soma de recursos (R)+(N)+(F)

## SUMÁRIO

1.1	Objetivo geral .....	20
1.2	Objetivos específicos .....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	Indústria têxtil no Brasil .....	21
2.1.1	Aspectos gerais .....	21
2.1.2	Tecnologia Processo.....	21
2.1.3	Características ambientais.....	22
2.2	Análise em energia .....	23
2.2.1	Conceitos, usos e aplicações .....	23
2.2.2	Método.....	23
2.3	Estudos técnicos, econômicos e ambientais voltados ao segmento têxtil.....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	32
3.1	Contabilidade ambiental em energia .....	32
3.2	Sistema produtivo da cadeia de fornecimento das calças jeans .....	35
3.2.1	Agricultura do algodão .....	37
3.2.2	Cotonifício.....	41
3.2.3	Fiação.....	43
3.2.4	Tecelagem.....	44
3.2.5	Confecção .....	45
3.2.6	Comércio de calças .....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.1	Contabilidade em energia agricultura do algodão.....	49
4.2	Contabilidade em energia cotonifício.....	52
4.3	Contabilidade em energia fiação .....	54
4.4	Contabilidade em energia tecelagem .....	56
4.5	Contabilidade em energia confecção .....	59
4.6	Contabilidade em energia comércio de calças .....	61
4.7	Contabilidade em energia da Cadeia de suprimentos da produção de calças jeans .....	63
5	CONCLUSÕES.....	68
6	PROPOSTA PARA FUTUROS ESTUDOS.....	69
7	REFERÊNCIAS .....	70
APÊNDICE A – Plantação de algodão – Memorial de cálculo do sistema de produção		
77		
APÊNDICE B – Dados brutos das etapas de cotonifício, fiação, tecelagem, confecção e comércio.....		103
APÊNDICE C – Cotonifício – Memorial de cálculo do sistema de produção .....		123

<b>APÊNDICE D – Fiação – Memorial de cálculo do sistema de produção .....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE E – Tecelagem – Memorial de cálculo do sistema de produção.....</b>	<b>135</b>
<b>APÊNDICE F – Confecção – Memorial de cálculo do sistema de produção .....</b>	<b>142</b>
<b>APÊNDICE G – Comércio de calças – Memorial de cálculo do sistema de produção</b>	<b>151</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os consumidores estão cada vez mais conscientes da necessidade de proteger o meio ambiente, e as empresas usam termos para promover seus produtos ou serviços, tais como: ambientalmente amigáveis; ecológicos; amigáveis com a natureza e verdes. Tais termos se referem a bens e serviços que declaram causar o mínimo de dano ao meio ambiente. A roupa é parte integrante das nossas vidas e as preocupações ecológicas ou ambientais começaram a chamar cada vez mais atenção dos tomadores de decisões do setor têxtil.

A indústria têxtil brasileira é a quinta maior do mundo e possui a empresa que é a maior produtora mundial de tecido jeans, como demonstrado na Tabela 1. Esse setor empregou mais de um milhão e quinhentos mil trabalhadores em 2015, o que representa 17,8% dos trabalhadores da indústria (IEMI, 2016).

Tabela 1 - Importância do setor têxtil na economia brasileira em 2015

Valores totais por segmento	Valor da Produção ano (Bilhões de Reais)	Pessoal empregado por segmento	Quantidade de fábricas
Fibras e filamentos	2.8	6000	19
Têxteis básicos	39.8	267000	2983
Confeccionados	128.1	1254000	29222
Valores médios por fábrica	Valor da Produção ano Por fábrica (Milhões de Reais)	Pessoal empregado Por fábrica	Produção ano Por fábrica (Toneladas)
Fibras e filamentos	149.0	316	12500
Têxteis básicos	13.3	89	610
Confeccionados	4.4	43	58.6

Fonte: (IEMI, 2016)

A cadeia de produção da indústria têxtil também incorpora os setores de serviços (comércios do vestuário) e a agricultura (plantação de algodão) (IEMI, 2016).

O objeto de estudo é a análise da cadeia de suprimento de construção da calça jeans, que tem o algodão como a principal matéria-prima.

Este estudo irá abordar uma cadeia específica de suprimentos do setor têxtil, que é a de produção da calça jeans, constituída das seguintes etapas de produção:

- Agricultura: plantio e colheita do algodão.
- Cotonifício: limpeza e acondicionamento do algodão em fardos.
- Fiação: fabricação do fio, por meio da torção da fibra de algodão.
- Tecelagem: entrelaçamento dos fios de urdume com os da trama.  
Produção do tecido jeans.
- Confeção: corte e costura do tecido para a fabricação da calça jeans e posterior lavagem.
- Comércio do jeans: venda da calça jeans ao consumidor final.

Este estudo é destinado aos tomadores de decisão, que, por meio do conhecimento dos itens de maior demanda de energia em cada etapa da cadeia de suprimentos da produção da calça jeans, podem não só quantificar os recursos provenientes do meio ambiente e da economia como ser mais assertivos em encontrar oportunidades para ações de produção mais limpa, com o uso de uma ferramenta que possa quantificar esses recursos em uma métrica comum (Niinimäki e Hassi, 2011).

## **1.1 Objetivo geral**

Avaliar um modelo de cadeia de suprimento de produção de calça jeans no Brasil.

## **1.2 Objetivos específicos**

Avaliar cada etapa de produção, estimando os insumos de maior relevância.

Identificar os insumos que demandam maior esforço ambiental para alimentar a cadeia completa.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Indústria têxtil no Brasil**

#### **2.1.1 Aspectos gerais**

O setor têxtil produz artigos destinados aos os setores de vestuário, cama, mesa, banho e tecidos técnicos, como exemplo o geotêxtil para pavimentação de ruas e contenção de encostas. Vale ressaltar que o tecido têxtil pode ter origem artificial, sintética ou natural.

Os tecidos feitos de fibras sintéticas têm como base os derivados do petróleo. Exemplo de alguns tecidos de origem sintética: poliéster, nylon e acrílico.

Os tecidos feitos de fibras artificiais têm como base fibras de celulose regenerada, ou seja, reaproveitamento do algodão ou outra fibra celulósica com a aplicação de acetona, criando um polímero fiável. Exemplos: acetato e viscose.

Os tecidos de fibras naturais podem ter origem mineral, como o amianto; animal, como a seda; e vegetal à base de celulose, como sisal, linho e algodão. Este estudo irá tratar do tecido jeans, feito de fibra de algodão. Na construção do tecido, além da fibra, deve ser levada em consideração a estrutura de entrelaçamento do tecido, que pode ser malha ou tecido plano. O ponto malha são laços que irão construir o tecido. O tecido plano é a construção do tecido por meio do cruzamento ortogonal dos fios de urdume, que seguem o sentido do comprimento do tecido, e dos fios de trama, que estão no sentido da largura do tecido. O tecido de denim é um tecido plano, constituído de urdume tinto na cor denim e trama sem tingimento (Araújo, 1986).

#### **2.1.2 Tecnologia Processo**

Agricultura do algodão: proporciona ao Brasil um lugar privilegiado no cenário internacional, como um dos cinco maiores produtores do mundo, juntamente com China, Índia, Estados Unidos e Paquistão. A partir da década de 1990, a cultura se fortaleceu na região do Cerrado e, em 2001, ocupava uma área superior a um milhão de hectares, principalmente concentrada nos estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás (Carvalho et al., 2011). Essa cultura possui alto grau de mecanização e

efeito social de baixo emprego de mão de obra. Tem como maior concentração de plantio as planícies do cerrado brasileiro, no estado de Mato Grosso, que responde por mais de 60% da produção nacional de algodão. São plantações rotativas com outras culturas, como a soja e o milho.

Cotonifício: processo industrial de obtenção da fibra de algodão limpa, com a retirada da semente de algodão, folhas e galhos. Há automatização de processo e baixo emprego de mão de obra.

Fiação: processo industrial de obtenção do fio de algodão, por meio da torção da fibra de algodão. Há automatização de processo e alto emprego de mão de obra.

Tecelagem: processo industrial de obtenção do tecido jeans na cor denim, por meio do entrelaçamento ortogonal dos fios de urdume tintos na denim com as tramas cruas. Há automatização de processo e alto emprego de mão de obra.

Confecção: processo industrial de obtenção do artigo confeccionado. Neste estudo, será a calça jeans, por meio do corte e posterior costura das partes de tecidos para a obtenção da calça. Faz uso intenso de máquinas e mão de obra.

Comércio do vestuário: prestação de serviço de venda da calça jeans com as atividades de estoque e contato com o consumidor. Há alta demanda de mão de obra e processos manuais (Araújo, 1986).

### **2.1.3 Características ambientais**

Agricultura: demanda correção de solo por fertilizantes para obtenção de melhor desempenho produtivo por hectare, o que promove esforço ambiental (Severino, 2014).

Cotonifício: como não utiliza processos químicos para a limpeza do algodão, não gera dejetos líquidos. Fiação: não utiliza processos químicos para a torção do algodão, não gerando, assim, dejetos líquidos. Tecelagem: utiliza processos químicos para tingimento na cor denim, engomagem e desengomagem dos fios de urdume, gerando efluentes líquidos que deverão ser tratados antes do descarte ao meio ambiente. Confecção: após o artigo confeccionado, é feita a lavagem da calça, gerando efluentes líquidos que deverão ser tratados antes do descarte ao meio ambiente. Comércio do Jeans: sem a geração de efluentes líquidos (Araújo, 1986).

## **2.2 Análise em emerggia**

### **2.2.1 Conceitos, usos e aplicações**

A análise em emerggia estima o esforço requerido pela economia e natureza, em cada uma delas, para o fornecimento do produto final ao consumidor. Esse esforço está na execução do processo produtivo, na incorporação de matérias-primas, energia e realização dos transportes entre as fases produtivas. Incorporando as conexões entre setores, realçam-se as etapas de maior relevância no que tange ao consumo de recursos (Odum, 1996).

O estudo faz referência a dois artigos que descrevem o fluxo produtivo têxtil no País. No primeiro artigo, é avaliada a agricultura do algodão da plantação, colheita e posterior enfardamento da pluma do algodão na unidade de cotonifício (Blatt et al., 2017a). No segundo artigo, é avaliado o restante da cadeia, desde o processo de fiação até o comércio de calças (Blatt et al., 2017b).

### **2.2.2 Método**

Este estudo utiliza como método de trabalho a contabilidade ambiental em emerggia (Odum, 1996) para avaliar um modelo de configuração da cadeia de suprimento de produção das calças jeans no Brasil. Tal modelo é constituído, neste trabalho, de seis etapas: agricultura do algodão, com o plantio e colheita; cotonifício (retirada de semente, folhas, galhos e enfardamento do algodão); fiação (manufatura do algodão em pluma em algodão na forma de fio); tecelagem, produzindo o tecido de jeans; confecção, ou seja, costura do tecido para criar a calça jeans; e prestação de serviço, isto é, o mercado para comercializar a calça jeans. A análise foi realizada em etapas separadas, considerando-se unidades dimensionadas de acordo com valores médios de capacidade produtiva, conforme estudo IEMI (2016). Após a agricultura, o algodão é uma entrada em cada etapa do sistema e sua contribuição em emerggia é a mais relevante em todas as etapas do sistema. Os indicadores do método da contabilidade em emerggia são: emerggia (esforço para produzir um bem ou serviço); transformidade ou UEV (esforço de produção por unidade de medida); EYR (razão da produtividade pelo esforço); EIR (razão do que foi investido pelo resultado); ELR (carga empregada para produzir

algo); ESI (relação da produtividade EYR pela carga ELR que gera um indicador de sustentabilidade). Os resultados dos indicadores poderão ser de utilidade para cada unidade fabril (etapa do sistema), no monitoramento de desempenho e ferramenta de detecção de oportunidades de melhora e emprego de ações de produção mais limpa em itens de maior destaque na contabilidade em emergia.

### **2.3 Estudos técnicos, econômicos e ambientais voltados ao segmento têxtil**

Uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ao setor têxtil, na Turquia. Baydar et al. (2015) descreveram uma série de preocupações ambientais associadas ao setor têxtil: cultivo e colheita do algodão; tratamento da fibra; manufatura do fio; preparação e processamento do tecido, que incluem alvejamento e processos de tingimento, entre outros, na confecção do artigo do vestuário. Uma matriz de considerações ambientais está associada a esse setor. O item mais significativo está relacionado ao uso de agroquímicos no cultivo do algodão. O estudo dos impactos ambientais da produção de eco t-shirts originadas do plantio de algodão orgânico e processadas com receitas de tingimento “verde” foi comparado ao estudo feito com a produção de t-shirts convencionais, em termos de suas contribuições ao aquecimento global, acidificação, eutroficação aquática e terrestre e formação de ozônio fotoquímico utilizando o método *Life Cycle Assessment* (LCA). Os resultados revelam que eco t-shirts têm baixo potencial de impacto sobre todas as categorias inspecionadas, com a redução mais dramática no potencial de eutroficação aquática (acima de 97%), devido à eliminação do nitrogênio e fósforo dos compostos químicos da base dos fertilizantes. Os resultados também demonstram que o aquecimento global potencial é de longe o impacto ambiental mais forte para ambos, convencional e eco t-shirts, sendo que o principal impacto vem da fase de uso, seguido pelo cultivo e colheita e fase de processamento. Os resultados das análises realçam a importância do uso de matérias-primas sustentáveis em todos os estágios do ciclo de vida dos produtos .

Emprego da contabilidade em emergia na cultura brasileira do bambu. Bonilla et al. (2010) utilizaram a Avaliação Multi Critério (AMC) com a superação das avaliações baseadas em um único tipo de método. A AMC foi aplicada a uma

plantação comercial de bambu. Os métodos empregados foram: análise de energia incorporada; intensidade dos fluxos de materiais; consumo de exergia cumulativa; contabilidade ambiental em emergia; e contabilidade dos fluxos de CO<sub>2</sub>. Foi constatado que os insumos que mais contribuíram para a carga ambiental foram óleo diesel, fertilizante 14-20-14 (*nitrogen (N)*, *phosphorus (P)* and *potassium (K)*) e calcário. Complementarmente foram adotados cenários para a simulação de diferentes destinos do produto final (estoque de biomassa, fibra de celulose e energia). Os custos ambientais de produção para cada um dos cenários adotados foram avaliados com o objetivo de constatar a melhor relação custo benefício de cada um deles. Por fim, a substituição dos insumos com maior carga ambiental por insumos mais “limpos” (óleo diesel por biodiesel, fertilizante por esterco bovino curtido e calcário por cinzas de madeira ou biossólidos) foi realizada por intermédio de uma análise de sensibilidade, a fim de diminuir a carta ambiental da plantação comercial de bambu.

Utilização do método de contabilidade em emergia na cultura do algodão dos Estados Unidos. Brandt-Williams (2002) analisou vinte e três commodities agrícolas na Flórida. Para o algodão, o recurso renovável que mais afetou o sistema foi a evapotranspiração (perda de água pelo solo ou do vegetal por meio de suas folhas – 6,58%), seguido da perda líquida de solo (perda de nutrientes que promovem a degradação da qualidade do solo e, portanto, a diminuição de sua produtividade). [Isso exige a reposição de tais nutrientes por meio do emprego de fertilizantes que é um recurso adquirido da economia (F)]. O recurso econômico que mais contribuiu para o cultivo de algodão na Flórida foi o nitrogênio (fertilizante) (33,89%).

Emprego da contabilidade em emergia na cadeia de fornecimento da indústria petroquímica. Bustamante et al. (2016) avaliaram a indústria petroquímica, caracterizada pela intensidade no uso de recursos não renováveis, tais como o petróleo e seus derivados. Por uma ótica eco-cêntrica, a emergia, medida em joules solares equivalentes (seJ), pode ser identificada como estimativa de “valor da biosfera”, baseada no trabalho da natureza para produzir bens e serviços. Nesta avaliação, aplica-se a síntese em emergia e determinam-se valores unitários de emergia (UEV) entre  $7,0 \times 10^9$  seJ/g, do petróleo, e,  $1,14 \times 10^{10}$  seJ/g, do etileno, produtos intermediários do sistema de produção de polietileno tereftalato (PET). Para isso, usam-se bases de dados de Inventários de Ciclo de Vida (ICV), como fontes de informação sobre a intensidade do uso dos recursos e a tecnologia dos

processos, permitindo determinar a contribuição em energia de cada insumo que participa, direta ou indiretamente, do ciclo de vida dos produtos. O cálculo das UEVs deriva, em diferentes interpretações, da qualidade do uso da energia e da eficiência dos processos. Como medida do valor intrínseco, a energia é relacionada aos preços de mercado dos produtos analisados, gerando interpretações relativas à distribuição do valor na cadeia de produção e à divergência entre um valor e o outro. Em todos os casos, os valores de equivalentes monetários em energia são maiores que os preços de mercado. As principais contribuições em energia ao valor provêm das entradas de recursos fósseis para a produção, o que não pode ser igualmente identificado em termos de valores econômicos.

Uso do método da contabilidade em energia na cultura brasileira da soja. Cavalett e Ortega (2009) avaliaram as fases de produção e o processo industrial da soja no Brasil, o uso do método da contabilidade em energia e a estimação dos custos econômicos, de forma a contabilizar as entradas ambientais e econômicas da cadeia da soja e analisar o montante de energia e nutrientes exportados para os países europeus. Os principais achados desse trabalho foram que, no estágio agrícola, utiliza-se grande quantidade de recursos. A taxa de troca de energia demonstra que os fazendeiros entregam seis vezes mais energia em soja comercializada do que a energia que eles recebem com o dinheiro pago por ela. Resultados demonstram que a produção do grão de soja para o mercado internacional faz o Brasil perder uma grande quantidade de energia e nutrientes. Além disso, a produção de soja é atualmente provedora de pequena lucratividade para os agricultores, devido ao baixo preço para os produtos da soja e aos altos preços para os químicos utilizados na agricultura. Assim, conforme exposto, a exportação da soja como uma commodity resulta em baixa lucratividade por unidade de área.

Emprego da pegada de água (WF) na produção de jeans. Chico et al. (2013) estimaram a pegada de água (WF) contabilizada em cinco tipos de têxteis comumente utilizados para a produção de jeans, incluindo duas diferentes fibras (algodão e Lyocell) e cinco correspondentes métodos para fiação, tingimento e tecelagem. Os resultados demonstram que o estágio de produção da fibra é o maior consumidor de água, sendo a produção do algodão particularmente relevante. Dessa forma, o estudo foca particular atenção à pegada de água da produção de

algodão e analisa os efeitos de fatores externos que influenciam a pegada de água de um produto.

Uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na indústria têxtil. Eryuruk (2012) analisou o quão é verde, ou seja, o quanto os processos industriais aplicados à indústria têxtil e dos vestuários são menos agressivos ao meio ambiente. Avaliados pelo método do ciclo de vida do produto, desde a matéria-prima, o projeto, a produção e a logística. A fim de apontar pontos e parâmetros importantes para a indústria ecológica.

Redução do consumo de água (Garcia, 2015). Nesse capítulo, o autor revisa as transformações radicais que sofreram a indústria da lavagem do jeans, indo de um período artesanal para uma indústria intensiva rumo a uma indústria baseada no conhecimento, atentando para os trabalhadores e o meio ambiente. No estudo, descreve-se a lavagem do jeans com laser, ozônio e nano bolhas. Em seguida, discutem-se fatores que afetam a efetividade do processo, métodos de testes e tendências atuais e futuras.

Emprego da contabilidade em emergia na cultura brasileira do café. Giannetti et al. (2010) aplicaram a contabilidade em emergia em uma fazenda de café no Cerrado. No período de dez anos, entre 1997 e 2006, calcularam-se as transformidades, o fluxo e os indicadores de emergia, em cada ano. Na fazenda, voltada para a exportação, avaliaram-se as trocas ambientais e econômicas para os países importadores. Também se calculou a contabilidade em emergia da área nativa de relacionando com as áreas cultivadas e preservadas. Mesmo a fazenda atendendo à legislação brasileira vigente relativa à manutenção de vinte por cento de terra nativa, que era de 80 hectares (para assumir o limite mínimo de sustentabilidade ambiental), os resultados indicaram que o local deveria possuir duzentos hectares de mata nativa.

Análise das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da indústria têxtil chinesa. Huang et al. (2017) destacaram que o setor têxtil na China é o sexto maior consumidor de energia. A indústria têxtil tem um grande desafio em reduzir as emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE). Considera-se que os estudos existentes se limitam por falta de dados atualizados e incluem fontes de energia limitada. Nesse estudo, os resultados demonstram que o consumo de carvão é a principal fonte de emissões de GEE na indústria têxtil chinesa. A segunda maior fonte de emissão de GEE é o consumo de eletricidade, principalmente no leste,

centro e norte da China. Em particular, o aumento da escala de produção é o principal fator do aumento da emissão de GEE, contudo a redução da intensidade de energia e a melhora na estrutura de energia podem efetivamente reduzir a emissão de GEE. O estudo também sumariza as principais medidas de economia de energia utilizadas pela indústria têxtil na China. As medidas utilizadas na fiação, tecelagem e processos úmidos têm alto potencial de economia de energia e um curto período para retorno do investimento. Uma análise de cenários mostrou que, sob o cenário ideal de aplicação de tecnologia, as emissões de GEE seriam 34,3% menores do que as emissões no cenário de linha de base em 2030.

O setor têxtil tem participação estratégica no mundo industrializado e a produção de vestuário depende principalmente da força de trabalho humano. No estudo que segue, é feita essa análise na China. Lin et al. (2011) levantam a questão sobre concentração especial da atividade manufatureira, que pode aumentar o nível de produtividade. Esse questionamento é particularmente relevante para a produção na China, que tem um grande território e população, mas uma distribuição desequilibrada em termos de desenvolvimentos urbano e rural. O referido artigo foca no exame da dinâmica da aglomeração industrial e o impacto da produtividade da indústria têxtil chinesa, usando a base de dados de 2000 a 2005. Como resultado, encontrou-se uma tendência de forma de U na relação entre aglomeração e produtividade, o que sugere que, enquanto a aglomeração industrial aumenta a produtividade da empresa, uma aglomeração muito elevada pode desacelerar a economia.

Usa da contabilidade em emergia na cultura brasileira de hortaliças. Nakajima e Ortega (2015) avaliam o comportamento ambiental de diferentes sistemas de produção de hortaliças. A contabilidade em emergia foi utilizada para analisar três fazendas com gerenciamento familiar localizadas no município de Ibiúna e um subsistema horticultural de Yamguishi eco-village no município de Jaguariúna, todos localizados no estado de São Paulo. Os resultados dos indicadores de emergia dessas fazendas tiveram um desempenho abaixo daquele encontrado nas fazendas de hortaliças da zona serrana do Rio de Janeiro. A análise de todo o conjunto de resultados demonstra que a renovabilidade do sistema do Rio de Janeiro é maior do que a dos sistemas de produção de hortaliças de Ibiúna e Jaguariúna, porque estes últimos respondem às pressões de mercado para reduzir preços, aumentando o volume de produção com o uso agressivo de entradas industriais. A conclusão

sugeriu ao governo e à população de Ibiúna que promovam a transição para o sistema agroecológico, que envolve a recuperação da biota solar e vegetação nativa, reciclando lixo urbano e diminuindo o uso de pesticidas e fertilizantes químicos.

Estudo da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ao setor têxtil, em empresas europeias. Utilizando dados industriais coletados de cinco indústrias têxteis europeias, Nieminen et al. (2007) identificaram os estágios mais poluentes do têxtil. Para isso, avaliaram o ciclo de vida com a finalidade de encorajar o correto desenvolvimento de novas tecnologias para produtos têxteis. O emprego de tecnologias emergentes de produção mais limpa é o ponto de partida para desafiar as empresas têxteis em busca de zero emissão durante o processo têxtil, com o auxílio do método Avaliação do Ciclo de Vida ACV.

O setor têxtil tem participação estratégica no mundo industrializado, e a produção de vestuário depende principalmente da força de trabalho humana. No estudo que segue, é feita essa análise na Tailândia. Pholphirul (2013) levanta o seguinte questionamento: será que o preenchimento de vagas de trabalho por imigrantes irá promover o dinamismo no trabalho? Usando dados de pesquisa industrial na Tailândia, o artigo investigou a experiência de firmas que empregaram imigrantes vindos de países vizinhos. O estudo constatou que empresas que contrataram imigrantes tinham a tendência de ser mais intensivas em mão de obra. Essas firmas conseguiam um melhor custo competitivo. O resultado do estudo aponta o desafio no gerenciamento da política de imigração para harmonizar a demanda de mão de obra em curto prazo, com desenvolvimento em longo prazo.

Estratégia de produção mais limpa aplicada na cadeia brasileira de abastecimento de frutos. No setor da agricultura, Prevez et al. (2016) realizaram uma análise de sustentabilidade usando contabilidade em emergia e abordagem de Produção mais limpa aplicada a um estudo de caso na cadeia de abastecimento da manga em Santiago de Cuba. Os resultados obtidos mostraram que o modelo de economia agrícola empregado era caracterizado por: i) uso de fertilizantes químicos; ii) grande presença de mão de obra; e iii) pequeno uso de recursos naturais. A estratégia de produção mais limpa aplicada na cadeia local de abastecimento de frutos aplicado por Prevez et al. (2016) aumentou os benefícios para os ecossistemas e a sociedade. O método de avaliação utilizado provou ser útil na

avaliação da dinâmica das cadeias agrícolas, especialmente após a introdução de práticas de produção mais limpa.

Uso da contabilidade em emergia nas culturas brasileira de oleaginosas (canola, dendê, soja, girassol e semente de algodão). Takahashi e Ortega (2010) avaliaram culturas oleaginosas cultivadas no Brasil com o uso do método da contabilidade em emergia. Essas culturas estão disponíveis para produzir biodiesel e pesquisou-se quais delas seriam mais sustentáveis. O estudo avaliou fazendas agro-químicas convencionais que produzem canola, óleo de palma (dendê), soja, girassol e algodão. Os resultados indicam que o algodão com o calcário (11,81%) e o óleo de palma com a perda de solo (19,95%) têm alta dependência de recursos não renováveis. A cultura da canola utiliza 40,41% de energia renovável e esta é a mais sustentável cultura convencional de oleaginosa; em contrapartida, esta não é extensivamente produzida no Brasil, provavelmente por restrições climáticas ou por baixa demanda de mercado. Indicadores de emergia para o óleo de palma (dendê) são contraditórios. Sua taxa de troca de emergia (emergy Exchange ratio EER) é baixa, mostrando a possibilidade de uma troca pobre. Valor de transformidade baixo indica alta eficiência, contudo esta também tem baixa taxa de renovabilidade (28,31%), indicando alta dependência de agroquímico (basicamente fertilizantes). O óleo de palma é uma fonte potencial de energia devido a sua alta produtividade agrícola, mas necessita de um gerenciamento apropriado para melhorar sua sustentabilidade e reduzir o uso de recursos não renováveis. A cultura do girassol tem o valor mais alto em EYR (2,92), seguido pela canola (2,76), soja (2,50), semente do algodão (1,58) e óleo de palma (dendê) (1,42).

Aplicação da contabilidade em emergia nas culturas brasileiras de algodão, soja e milho. Nesse trabalho, Vendrametto (2011) emprega o método da contabilidade em emergia para avaliar os sistemas de produção agrícola e os serviços do ecossistema do Cerrado do município de Lucas do Rio Verde, no estado do Mato Grosso. No cultivo do algodão, a energia química da chuva (16,11%) é o recurso renovável que mais contribui para o sistema, sendo a perda líquida do solo (0,40%) a contribuição dos recursos não renováveis. Entre os recursos provenientes da economia, destacam-se nitrogênio (44,85%) e trabalho humano (21,88%). O estudo mostrou características da produção agrícola das culturas do milho, soja e algodão. O cultivo do milho apresentou os maiores índices de sustentabilidade, e o do algodão, os mais baixos.

Estudo do ecoeficiência do setor de tingimento na China com o uso do modelo de análise input-output. Wu e Chang (2007) descrevem a incorporação dos custos ambientais sendo considerados pelos tomadores de decisão da corporação. Técnicas para tomada de decisão, tais como, modelo de input-output e ferramentas de decisão multicritério, têm sido desenvolvidas nas últimas décadas e têm auxiliado a criar uma vasta filosofia industrial ecológica em muitas comunidades industriais. Em resposta às emergentes regulações e políticas ambientais, o impacto do custo ambiental no programa de produção poderá ser realizado, considerando-se nível e extensão do comprometimento. O citado artigo mostra a estrutura de uma contabilidade verde para uma empresa individual. O estudo de caso aplica o modelo de input-output analysis para avaliar o impacto do custo ambiental frente aos gastos com taxas para conservação de recursos e cargas de poluição em uma empresa de tingimento têxtil em Taiwan. Baseado no projeto do processo de produção para gerar dois tipos de produtos têxteis nessa fábrica, o estudo de caso demonstra como o modelo de input-output analysis pode ser utilizado para apoiar a alocação de custos ambientais na interação entre departamentos da empresa participante. Entretanto, a alocação também reflete o desafio contemporâneo empresarial referente ao ambientalismo corporativo em resposta à variação e ao envolvimento no gerenciamento do sistema ambiental em um país em desenvolvimento. Os achados de tal pesquisa claramente indicam que o projeto de modelo input-output é capaz de prover uma estrutura input-output da firma de tingimento têxtil para auxiliar na análise avançada de decisões. Além das considerações da alocação de custos ambientais, corporações têm que lidar com o desafio de planejar a produção ótima com respeito à variação da produção. Requerimentos ambientais podem ganhar vantagens comparativas via integração do input-output model com o modelo de avaliação multi objetiva.

Este trabalho propõe preencher o vazio, evidenciado após o estudo dos estudos citados, no que se refere à análise da sustentabilidade da cadeia de fornecimento de calças jeans e das métricas propostas pelo método da contabilidade ambiental em emergência.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Contabilidade ambiental em emergia


A contabilidade em emergia foi utilizada para avaliar a cadeia de fornecimentos de calças jeans, pois esse método considera contribuições de trabalho demandadas nos processos de transformação dos sistemas naturais e humanos. Essas contribuições interagem na forma de fluxos de materiais, energia, combustíveis, metais e dinheiro, entre outros. O resultado é uma medida científica da energia disponível, previamente demandada, de maneira direta ou indireta, por cada um desses fluxos.

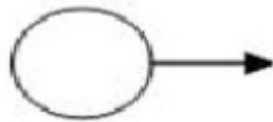
O método em análise em emergia faz um rastreamento dos recursos empregados até sua origem na biosfera, o lado fornecedor, reconhecendo o esforço ambiental requerido para a produção de um bem ou serviço, no qual recai o valor de um recurso. A síntese em emergia inclui a contribuição dos ecossistemas naturais na produção de matérias-primas e em seu uso pelo homem, quantificando todos os investimentos requeridos em unidades físicas comparáveis.

A contabilidade ambiental em emergia, proposta por (Odum, 1996), permite a comparação direta dos fluxos biofísicos em unidades comuns, isto é, fluxo de emergia, por meio de uma série de indicadores. Esse método avalia o desempenho de um sistema em termos de eficiência e a intensidade no uso de recursos da natureza e insumos do sistema econômico.

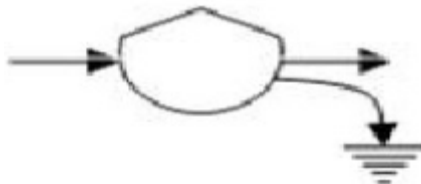
Para avaliar diferentes sistemas com uma única métrica, Odum (1996) utiliza o conceito de transformidade solar, isto é, a quantidade de emergia solar empregada direta ou indiretamente na obtenção de um joule de determinado produto ou serviço (seJ/J). Uma vez determinada a transformidade de todos os fluxos de energia que os sistemas utilizam, torna-se possível calcular a emergia total desses sistemas (vide lista de UEVs utilizadas nas páginas iniciais deste trabalho).

Odum (1996) desenvolveu a construção de diagramas de energia com o uso de simbologia própria (Figura 01). Nos diagramas, são representados todos os fluxos que compõem o sistema ou processo estudado, sejam eles fluxos de recursos naturais renováveis (R), sejam eles fluxos de recursos naturais não renováveis (N) ou recursos provenientes da economia (F).

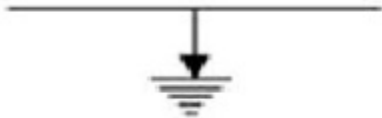
 Fluxo de Energia: um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.



Fonte: um recurso externo de energia, podendo ser renovável, não renovável ou econômico.

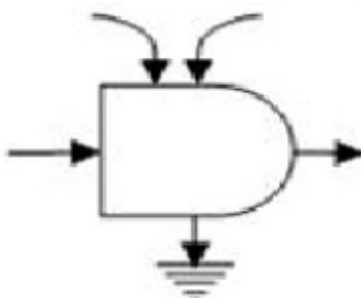


Depósito: uma reserva de energia dentro dos limites do sistema, determinada pelo balanço de entradas e saídas.

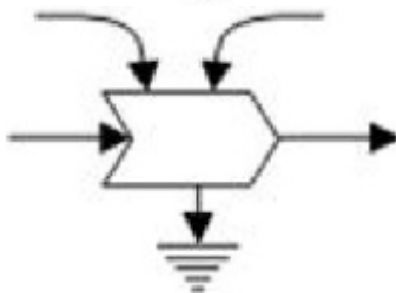


Sumidoro de energia: o sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo dessa transformação é a degradação da energia, que abandona o sistema como energia de baixa qualidade.

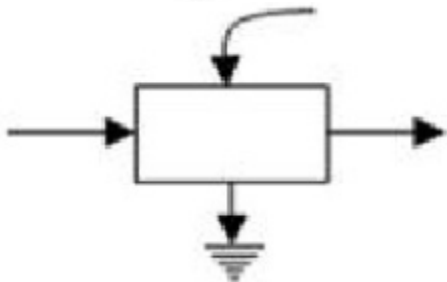
Todos os processos de interação e os armazenamentos dispersam energia.



Produtor: unidade que coleta e transforma energia de baixa intensidade sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.



Interação: interseção de, no mínimo, dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre o outro, presença de um fator limitante.



Caixa: símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um subsistema.

Figura 1 - Símbolos para uso nos diagramas de energia (Odum, 1996)

A análise em emergia da cadeia de fornecimentos de calças jeans leva em consideração o consumo de materiais e energia durante as fases de produção, iniciando-se a partir da agricultura e terminando no serviço de venda do produto final.

Os fluxos de emergia são classificados em três categorias de recursos: (R) renováveis; (N) não renováveis; e (F) entrada de recursos da economia. Um recurso N – não renovável é um recurso cuja taxa de consumo é maior que a taxa de regeneração. Um recurso (F) proveniente da economia é um recurso produzido ou manufaturado por atividades antropogênicas. Um recurso (R) renovável é um recurso cuja taxa de consumo não excede a taxa de regeneração.

A emergia empregada para se obter um produto (Y) pode incluir bens e serviços, além dos recursos fornecidos pelo meio ambiente (Eq. 1).

$$Y = R + N + F \quad (1)$$

Para calcular a emergia total, são inventariadas as entradas de energia, massa, mão de obra e serviços. Esses valores são multiplicados pelo valor unitário de emergia (UEV), que é quantidade de emergia requerida para produzir uma unidade de cada entrada.

Em conjunto com as informações obtidas sobre a energia e os materiais requeridos para a implantação e operação da cadeia de fornecimento de calças jeans, também são determinados os valores em emergia dos serviços, que correspondem às entradas de trabalho indireto no sistema, isto é, emergia requerida para suportar o trabalho que, de maneira indireta, contribui com a produção final. Para isso, empregou-se a EMR do Brasil ( $5,60E+12$  seJ/US\$), que representa a UEV do dinheiro para este país, neste trabalho, para o ano 2011 (Faria, 2017). Para calcular o equivalente em moeda dos valores de emergia, empregou-se o Em\$ (emergy currency equivalent), que é o valor, em dólar do câmbio de 2011, da emergia gerada por ano na unidade produtiva estudada. O valor de Em\$ foi calculado nas tabelas: 42; 73; 82; 93; 108; e 116, pela divisão da emergia do item pela UEV do serviço do Brasil no ano de 2011 (Faria, 2017).

A classificação dos fluxos de entrada pela contabilidade ambiental em emergia permite o cálculo dos índices de emergia. Foram calculados:

O indicador de rendimento em emergia (Eq. 2) é obtido pela divisão entre o valor total da saída do sistema e as entradas adquiridas (F). Esse indicador é utilizado para avaliar a contribuição, em emergia, da cadeia de fornecimento de

calças jeans para o sistema que a inclui (nesse caso, o Brasil). Valores de EYR > 2,0 indicam que o retorno para o país é superior ao investimento. O valor mínimo é a unidade (1) que ocorre quando a contribuição da natureza é nula,  $R+N=0$ , e quando  $[EYR] > 1,0$  e  $< 2,0$  indicam que o retorno para o país é inferior ao investimento.

$$EYR = Y / F \quad (\text{eq. 2})$$

O indicador de investimento em energia, EIR, é definido pela divisão do que é adquirido da economia (F) pela entrada de recursos locais não pagos (Eq. 3). Esse indicador permite avaliar o investimento do país (economia e natureza) para a existência/operação da cadeia de fornecimento. Quando a soma dos recursos N e R forem superiores aos recursos adquiridos da economia (F), isso indicará que o ambiente fornece mais recursos para o sistema que a economia.

$$EIR = F / (N+R) \quad (\text{eq. 3})$$

O indicador de carga de energia, ELR, é a razão entre entradas adquiridas e não renováveis e entradas renováveis (Eq. 4). Esse indicador avalia a pressão que os fluxos requeridos para a existência/operação da cadeia de fornecimento exercem no meio ambiente.

$$ELR = (F+N) / R \quad (\text{eq. 4})$$

O índice de sustentabilidade ambiental (ESI) relaciona o rendimento em energia com o indicador de carga em energia. O objetivo para sustentabilidade é obter a mais alta taxa de rendimento contra a mais baixa demanda ambiental (equação 5).

$$ESI = EYR / ELR \quad (\text{eq. 5})$$

### **3.2 Sistema produtivo da cadeia de fornecimento das calças jeans**

A cadeia de fornecimento da calça jeans compreende a agricultura, o cotonifício, a fiação, a tecelagem, a confecção e o comércio de calças (Figura 2).

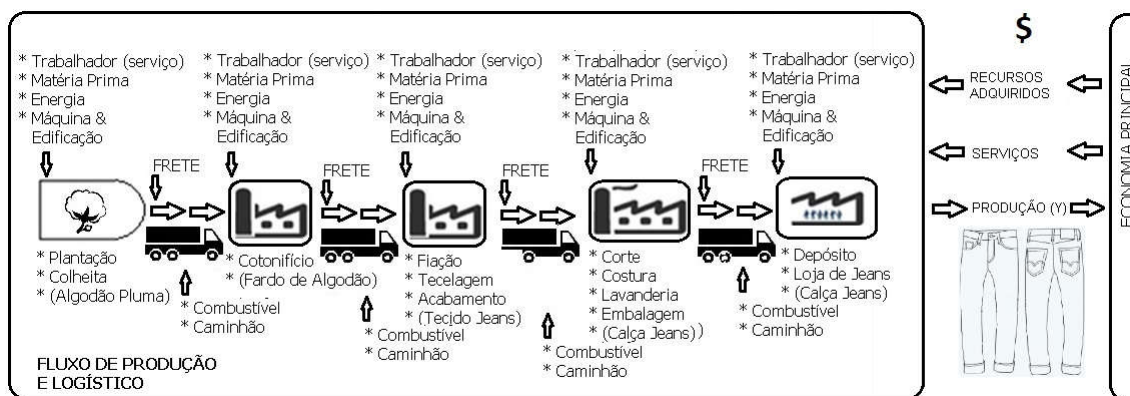


Figura 2 - Sistema produtivo da cadeia têxtil para a produção da calça jeans

O diagrama apresenta também as interações do processo e suas saídas. Para construção do diagrama, utilizou-se a simbologia de Odum (1996) para representar os componentes do sistema em estudo. A Figura 3 mostra o diagrama de energia da cadeia de fornecimento das calças jeans; a Figura 4 mostra, em detalhe, a etapa industrial.

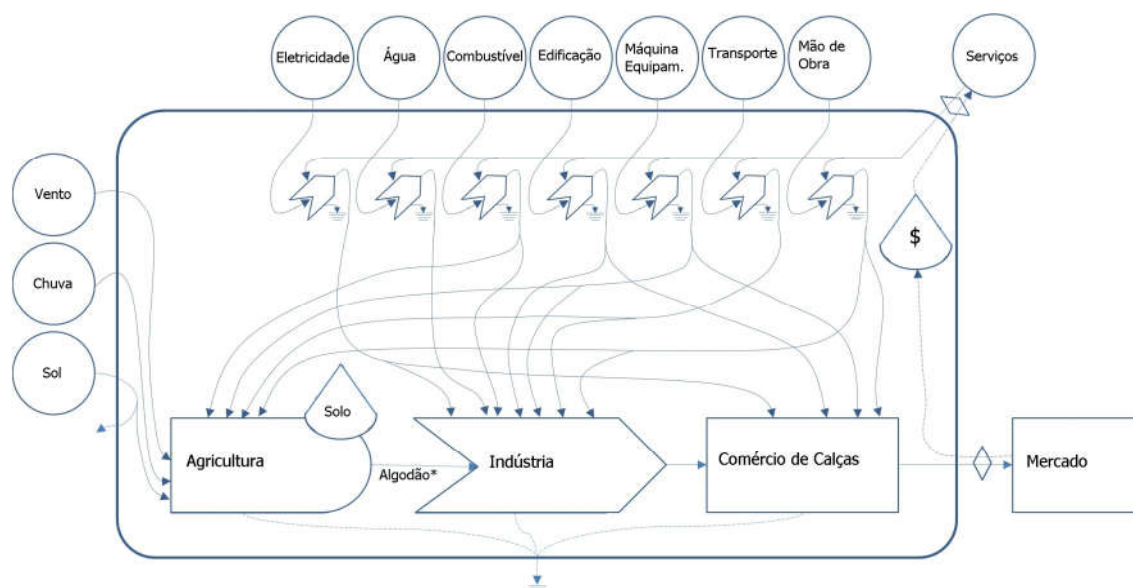


Figura 3 - Diagrama de energia da cadeia têxtil estudada

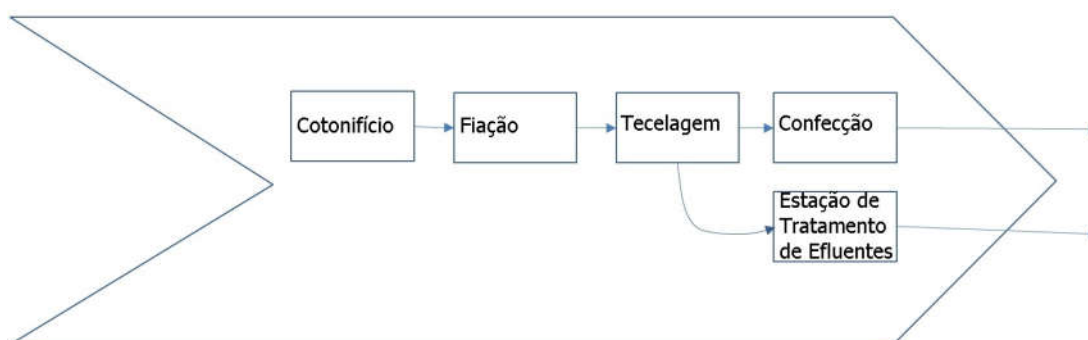


Figura 4 - Detalhe da etapa industrial do diagrama da Figura 4

### 3.2.1 Agricultura do algodão

A agricultura tem como entradas o serviço prestado pelos trabalhadores, água proveniente da chuva, vento, isolação solar, semente do algodão, semente do milho – gramínea para proteger o solo contra erosão –, tratores e equipamentos agrícolas. As atividades realizadas são o plantio e a colheita; o produto obtido é o algodão em pluma (Severino, 2014).

A Figura 5 do diagrama de energia da etapa agricultura cultura do algodão e sua saída o algodão em pluma destinado ao mercado intermediário à etapa cotonifício.

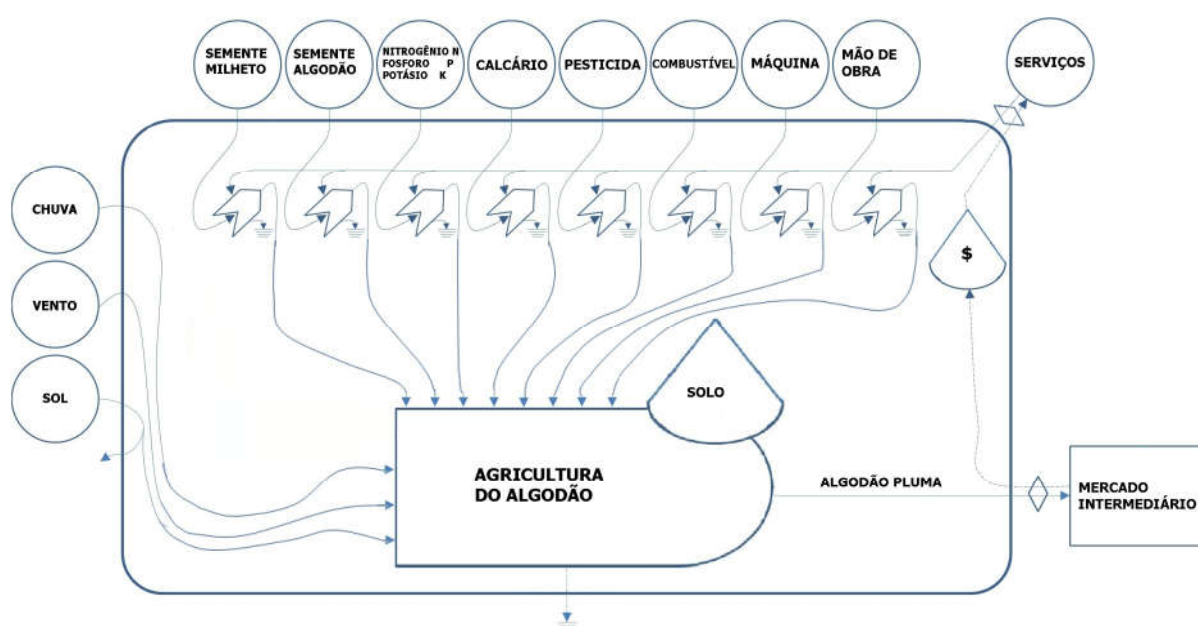


Figura 5 - Diagrama de energia da etapa agrícola cultura do algodão

Durante a coleta de dados do cultivo do algodão, verificou-se que esse cultivo ocorre em quase todos os estados brasileiros (Figura 6), sendo o Estado do Mato Grosso responsável por 61% da produção (Severino, 2014).

Os valores das entradas de recursos para a plantação de algodão foram retirados de planilhas para o cálculo dos custos de produção (Conab, 2006), que incluem serviços, máquinas e implementos utilizados no processo produtivo por unidade de área (hectare).

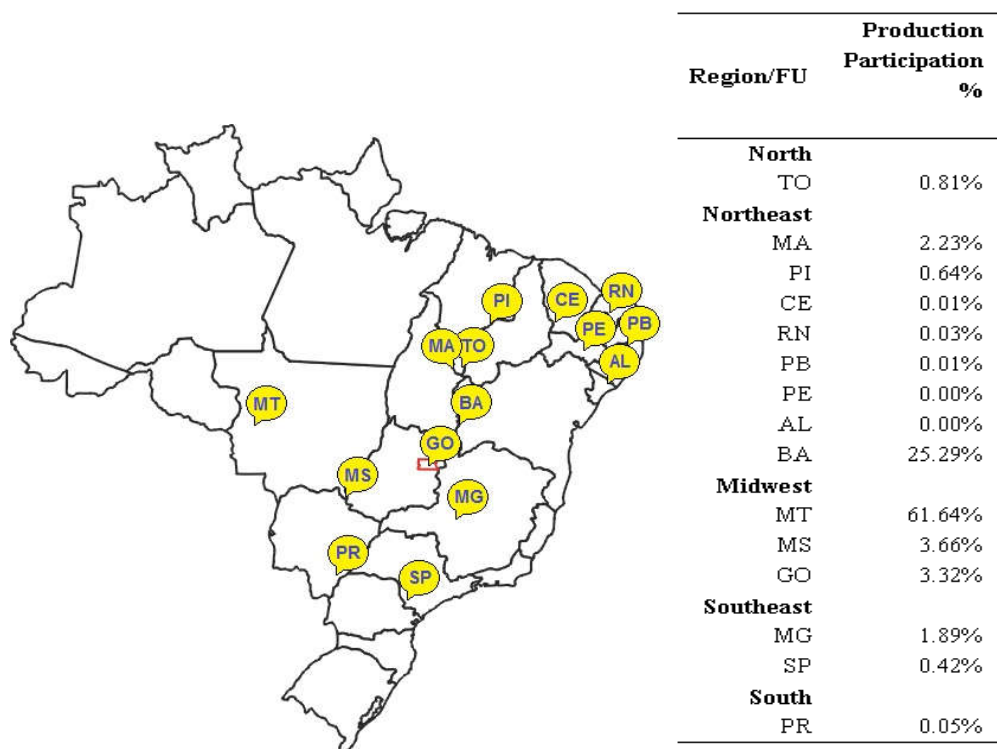


Figura 6 - Distribuição da produção algodoeira no Brasil

A estrutura dessa unidade produtiva tem como fonte projetos agrícolas para o plantio e colheita do algodão (Carvalho et al., 2011; Conab, 2006; Conab, 2016; Etiopia, 2015; Severino, 2014).

No Apêndice A:

Tabela 24 demonstra a demanda prevista para o consumo de energia solar em Joules. O valor da insolação média é obtido na Tabela 20.

Tabela 26 demonstra a demanda prevista de consumo de energia proveniente do vento em Joules. O valor da energia média do vento é obtido na Tabela 20.

Tabela 28 demonstra a demanda prevista de consumo de energia proveniente da energia geopotencial da chuva em Joules. O valor da altitude média das áreas de plantação de algodão é obtido na Tabela 21; o valor médio de precipitação da chuva é obtido na Tabela 20.

Tabela 29 demonstra a demanda prevista de consumo de energia proveniente da energia química da chuva em Joules. O valor médio de precipitação da chuva é obtido na Tabela 20.

Tabela 31 demonstra o esforço da natureza em Joules, devido à perda de solo. A taxa de perda do solo por hectare é projetada pelo estudo de Pimentel et al. (1995).

Tabela 32 demonstra a demanda prevista de consumo em Joules de semente de milho, com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011).

Tabela 33 demonstra a demanda prevista de consumo em Joules de semente de algodão com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011).

Tabela 34 demonstra a demanda prevista de máquinas e equipamentos em gramas, com o total de horas de trabalho por hectares previsto no estudo de Carvalho et al. (2011).

Tabela 35 demonstra a demanda prevista de combustível (óleo diesel) em joules, com o total de horas de trabalho por hectares previsto no estudo de Carvalho et al. (2011).

Tabela 36 demonstra a demanda prevista de nitrogênio princípio ativo em gramas com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011). Neste trabalho, utilizam-se os valores da macroestrutura nitrogênio; os princípios ativos serão escolhidos pelo técnico agrícola. De posse dos valores das macroestruturas, poderão ser refeitos os cálculos para a obtenção de valores mais assertivos.

Tabela 37 demonstra a demanda prevista de fosfato princípio ativo em gramas com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011). Este trabalho utiliza os valores da macroestrutura fosfato; os princípios ativos serão escolhidos pelo técnico agrícola. De posse dos valores das macroestruturas, poderão ser refeitos os cálculos para a obtenção de valores mais assertivos.

Tabela 38 demonstra a demanda prevista de potássio princípio ativo em gramas com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011). Este trabalho utiliza os valores da macroestrutura potássio. Os princípios ativos serão escolhidos pelo técnico agrícola. De posse dos valores das macroestruturas, poderão ser refeitos os cálculos para a obtenção de valores mais assertivos.

Tabela 39 demonstra a demanda prevista de calcário (carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$ ) princípio ativo em gramas com o consumo por hectare previsto no estudo de Carvalho et al.(2011). Contudo, essa estimativa é tomada como base inicial, mas, para a real demanda, faz-se necessário ter o parecer de um técnico agrícola.

Tabela 40 demonstra demanda prevista de: pesticidas, fungicidas e herbicidas em gramas com o consumo por um hectare previsto no estudo de (Severino, 2014).

Tabela 41 demonstra a quantidade de mão de obra requerida para operação da lavoura de algodão.

Tabela 42 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

Em ordem crescente, o algodoeiro demanda  $N > K > Ca > P > Mg > Fe$ . Nos primeiros 30 dias, a planta demanda mais Mg, S, Fe e, durante a floração dos brotos do algodoeiro, adicionam-se mais N, P, K e Ca (Severino, 2014). Todavia, valores exatos da quantidade necessária de fertilizantes e outros insumos agrícolas poderão ser obtidos por meio da análise do solo e executados por um técnico agrícola.

A quantidade de nutrientes para produzir cinco toneladas de algodão em pluma dependerá de vários fatores, como cultivares, condições de manejo cultural, solo e irrigação. As quantidades médias necessárias de nutrientes para o cultivo de algodão no Brasil são mostradas na Tabela 2 (Carvalho et al., 2011).

Tabela 2 - Coeficientes técnicos de produção – quantidade média da demanda de nutrientes para obter 5000 kg/ha de na colheita do algodão em pluma

Nutrient	Name	Quantidade	Unit
		<b>5,000</b>	
N	Nitrogen	3.30E+05	g/ha
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphorus Pentoxide	9.60E+04	g/ha
K <sub>2</sub> O	Potassium Oxide (potash)	2.90E+05	g/ha
CaO	Calcium Oxide (lime)	1.99E+05	g/ha
MgO	Magnesium Oxide (magnesia)	7.10E+04	g/ha
S	Sulfur	2.80E+04	g/ha
B	Boron	6.00E+02	g/ha
Cu	Copper	2.10E+02	g/ha
Fe	Iron	3.15E+03	g/ha
Mn	Manganese	3.60E+02	g/ha
Mo	Molybdenum	5.00E+00	g/ha
Zn	Zinc	2.14E+02	g/ha

A Tabela 3 mostra os custos de produção por hectare, considerando-se produtividade estimada de 5000 kg/ha, que inclui irrigação convencional por sprinkler, quantidade de horas máquina e horas-homem empregadas, produtos químicos e sementes (Severino, 2014).

Tabela 3 - Custo de produção por hectare, irrigação convencional por sprinkler e com produtividade estimada de 5000 kg/ha

Description	Quant.	Unit
Operations		
Soil preparation	2.0	h/tr
Plantation + Base fertilization	1.0	h/tr
Pulverization	3.0	h/tr
Covering fertilization	0.5	h/tr
Mechanical harvest	1.0	h/tr
Destroy the soil clod	1.0	h/tr
Inputs		
Seeds	15	kg
Chemical fertilizer of base	250	kg
Chemical fertilizer of cover	300	kg
Herbicides	3	applications
Insecticides	5	applications
Electric power (green tag)	1,200	kW
Electric power	1,000	kW
Total Electric power	2,200	kW
Labor cost		
Irrigation	12	h/day
Retouching the meadow with hoe	10	h/day
Production estimate	4,000	kg/h

### 3.2.2 Cotonifício

O cotonifício recebe o algodão pluma ensacado com semente das plantações e fornece algodão limpo e embalado em fardos para as indústrias de fiação, que é o processo posterior. Do algodão recebido da agricultura, 32% em massa são destinados à fiação, e 68% (Etiopia, 2015) são de matérias não aproveitadas na fiação, como folhas, galhos e sementes. O cotonifício tem como entradas os serviços prestados pelos trabalhadores, a eletricidade para o funcionamento das máquinas e equipamentos, as edificações para abrigar as máquinas e o algodão em pluma. Máquinas e equipamentos são utilizados para limpeza e enfardamento do algodão em unidades de 180 kg.

A Figura 7 do diagrama de energia da etapa industrial cotonifício apresenta as interações dessa etapa industrial, e sua saída, o fardo de algodão destinado ao mercado intermediário à etapa fiação.

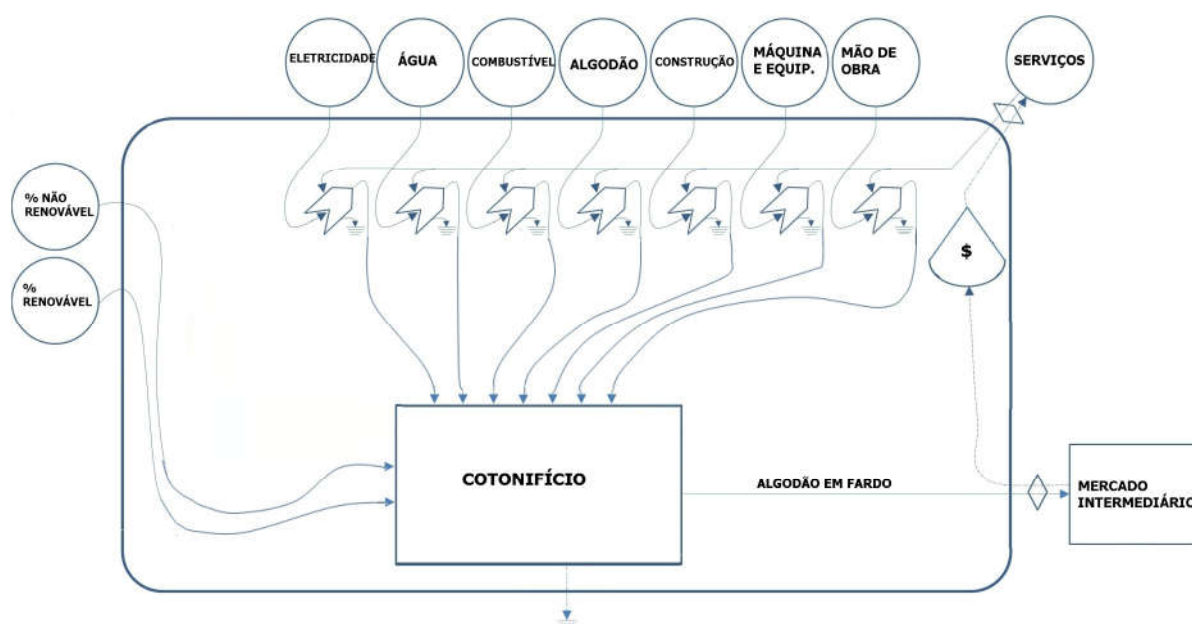


Figura 7 - Diagrama de energia da etapa industrial cotonifício

A estrutura da unidade produtiva cotonifício é baseada nos estudos de Araújo (1986); Etiopia (2015); Tozammal (2011); Valco (2015); e Yumkella (2011).

No Apêndice C, a Tabela 65 demonstra a demanda prevista para o consumo de eletricidade medida em joules.

Tabela 66 demonstra a demanda prevista de consumo de combustível (diesel) medida em joules.

Tabela 67 demonstra o consumo previsto de água medido em gramas.

A demanda prevista da matéria-prima algodão está prevista na Tabela 68.

A área fabril necessária é demonstrada na Tabela 69, medida em metros quadrados.

Relação de máquinas e equipamentos aparece na Tabela 70, medida em quilogramas.

Tabela 72 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta de cotonifício, medida em joules. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial.

Tabela 73 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

### 3.2.3 Fiação

Do algodão em fardo recebido do cotonifício, 97% em massa da produção são destinados à tecelagem e 3% são impurezas (fibras curtas ou imaturas). A estrutura da unidade produtiva da fiação tem como fonte projetos de Araújo (1986); Etiópia (2015); Tozammal (2011); Yumkella (2011) para uma unidade produtiva com capacidade produtiva de 8000 toneladas por ano de fio de algodão. A fiação tem como entradas o serviço prestado pelos trabalhadores, a eletricidade para o funcionamento das máquinas e equipamentos, a água para controle da umidade relativa dentro da área produtiva, as edificações para abrigar as máquinas e o algodão em fardo em processo. Máquinas e equipamentos realizam a limpeza e o alinhamento das fibras de algodão, para transformar o algodão em natura em fios retorcidos, com peso médio de bobina de 2 kg.

A Figura 8 do diagrama de energia da etapa fiação do algodão apresenta as interações dessa etapa industrial, e sua saída, o fio de algodão destinado ao mercado intermediário à etapa tecelagem.

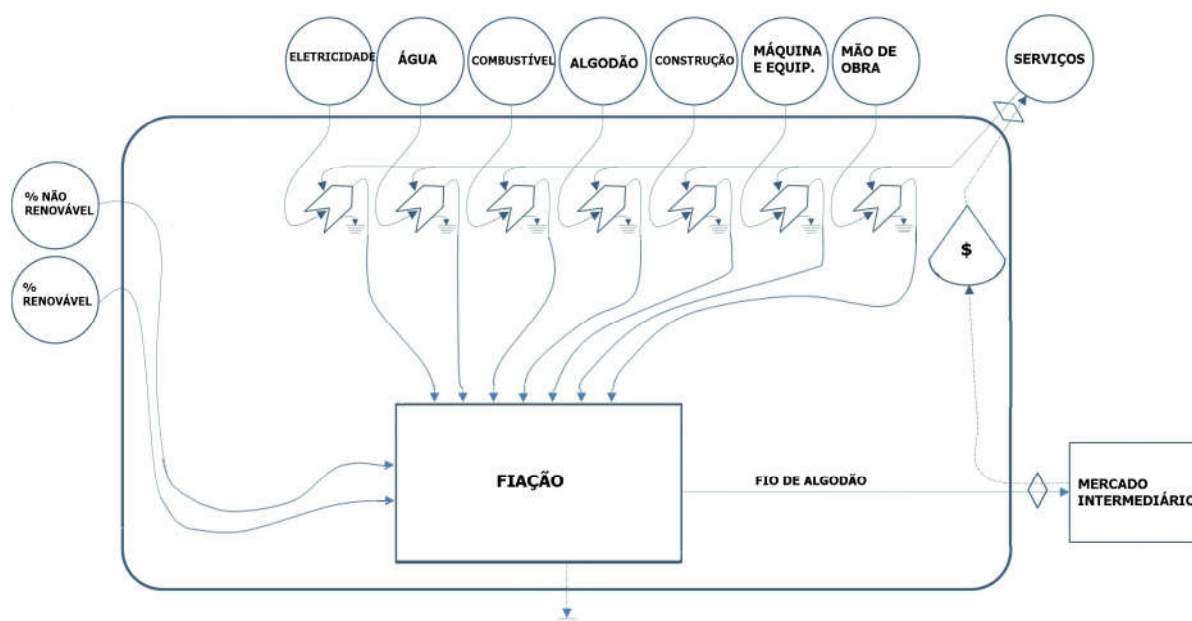


Figura 8 - Diagrama de energia da etapa fiação

No Apêndice D, a Tabela 74 demonstra a demanda prevista para o consumo de eletricidade, medido em joules. A Tabela 75 demonstra a demanda prevista de consumo de combustível (diesel) medido em joules. O diesel é o combustível para alimentar as caldeiras que aquecem a água. Além disso, gera vapor para a transmissão de calor para os processos de tingimento do fio de urdume na cor

índigo e para os processos de lavagem do tecido de jeans. A Tabela 76 demonstra o consumo previsto de água medido em gramas. A demanda prevista da matéria-prima algodão está prevista na Tabela 77, em gramas. A área fabril necessária é demonstrada na Tabela 78, medida em metros quadrados, e a relação de máquinas e equipamentos na Tabela 79, em quilogramas. A Tabela 81 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta de fiação. A energia dos trabalhadores é medida em joules. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial. A Tabela 82 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

### **3.2.4 Tecelagem**

Do algodão em bobina recebido da fiação, 93,1% em massa da produção são destinados à confecção. A estrutura da unidade produtiva da tecelagem tem como fonte projetos de Araújo (1986); Etiopia (2015); e Tozammal (2011) para uma unidade produtiva com capacidade produtiva de 11905 toneladas por ano de tecido jeans com perdas de matéria prima de 6,89%, representando 820 toneladas. A tecelagem tem como entradas o serviço prestado pelos trabalhadores, a eletricidade para o funcionamento das máquinas e equipamentos, a água para a geração de vapor, o tingimento dos fios de algodão, o diesel para alimentar as caldeiras na geração de vapor, as edificações para abrigar as máquinas e o algodão em bobinas. Máquinas e equipamentos realizam o tingimento e o entrelaçamento em tecido de jeans, acomodado em rolos com peso médio de 20 kg.

A Figura 9 do diagrama de energia da etapa industrial tecelagem do algodão e sua saída que é o tecido denim destinado ao mercado intermediário etapa confecção de calças jeans.

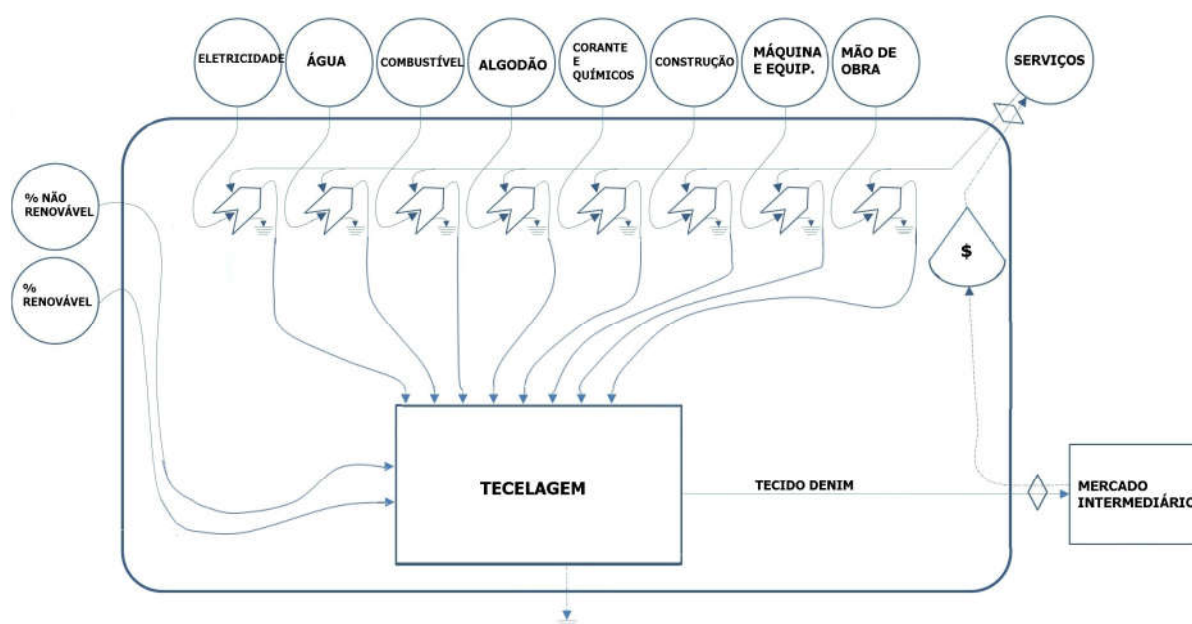


Figura 9 - Diagrama de energia da etapa tecelagem

No Apêndice E, a Tabela 83 demonstra a demanda prevista para o consumo de eletricidade, medida em joules. A Tabela 84 demonstra o consumo previsto de água, e a Tabela 85, a demanda prevista de consumo de combustível (diesel). A Tabela 86 demonstra o consumo previsto de corantes, medido em gramas, e a Tabela 87, o consumo previsto de auxiliares químicos, medidos em gramas. A demanda prevista da matéria-prima algodão na forma de bobinas de fio de algodão está prevista na Tabela 88, medido em gramas. A relação da demanda de máquinas e equipamentos na tabela 89, medido em quilogramas. A área fabril necessária é demonstrada na Tabela 90, medido em metros quadrados. A Tabela 92 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta de tecelagem. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial. A Tabela 93 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

### 3.2.5 Confecção

O tecido jeans é a matéria-prima da confecção que confecciona a calça jeans, objeto do estudo deste trabalho. Calça jeans básica de cinco bolsos, com

massa de 750 gramas, mais detalhes técnicos da construção da calça jeans deste estudo veja as tabelas 55 a 60. O aproveitamento de tecido na etapa confecção é de 85,6%. A confecção tem como entradas o serviço prestado pelos trabalhadores, a eletricidade para o funcionamento das máquinas e equipamentos, as edificações para abrigar as máquinas e o tecido jeans. Máquinas e equipamentos realizam o corte e costura. A relação dos equipamentos utilizados está na Tabela 59.

A Figura 10 do diagrama de energia da etapa industrial confecções da calça jeans apresenta as interações dessa etapa industrial e sua saída, que é a calça jeans destinada ao mercado intermediário, isto é, o comércio de calças jeans.

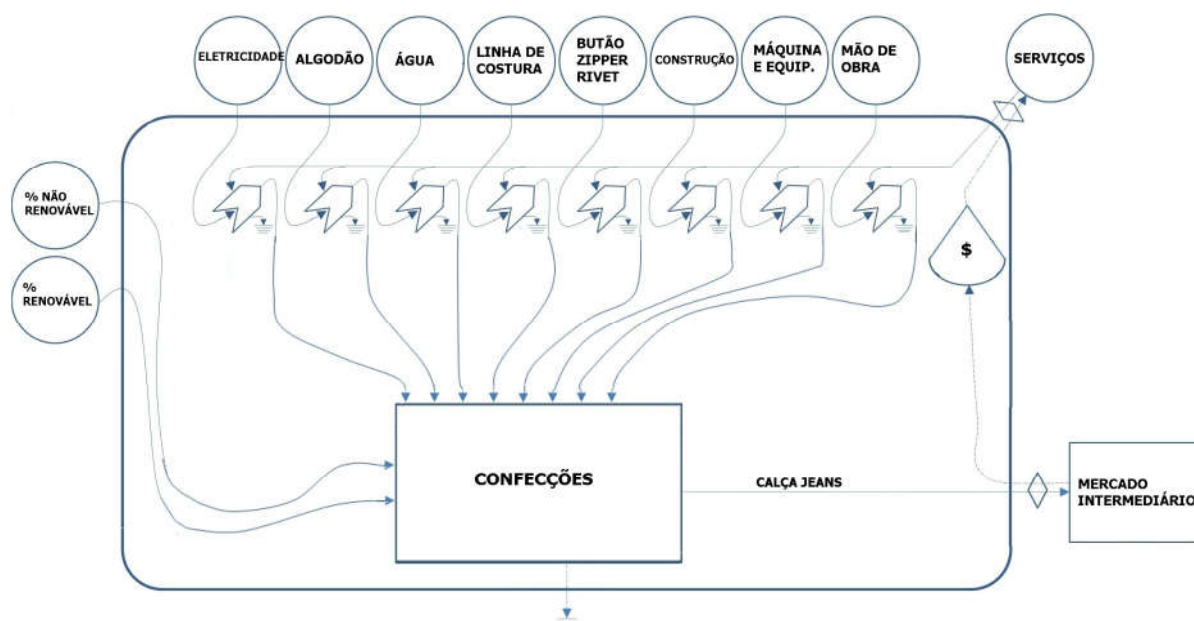


Figura 10 - Diagrama de energia da etapa industrial confecções de calça jeans

A estrutura da unidade produtiva da confecção tem como fonte os estudos de Araújo (1986); Etiópia (2015); e Tozammal (2011). Uma unidade produtiva, para produzir 263 toneladas ao ano de calças jeans, apresenta perdas de matéria-prima na ordem de 14,4%, representando 820 calças jeans.

No Apêndice F, a Tabela 94 demonstra a demanda prevista para o consumo de eletricidade. A Tabela 95 demonstra o consumo previsto de água, e a Tabela 96, a demanda prevista de consumo de combustível (diesel).

A demanda prevista da matéria-prima algodão na forma de tecido jeans está na Tabela 97, medido em gramas. A demanda prevista de químicos está na Tabela 98. A Tabela 99 tem a previsão de demanda de linha de costura, medido em gramas. A Tabela 100 tem a previsão de demanda de tecido interno do bolso

dianteiro, medido em gramas. A Tabela 101 tem a previsão de demanda de botões, zíper e reforços de costura (rivet), medido em gramas. A Tabela 102 tem a previsão de demanda de etiquetas, medido em gramas. A Tabela 103 tem a previsão de demanda de tags de identificação, medido em gramas.

A área fabril necessária é demonstrada na Tabela 104, e a relação de máquinas e equipamentos, na Tabela 105. A Tabela 107 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta de confecção. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial, e a Tabela 108 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

### 3.2.6 Comércio de calças

Neste trabalho, o comércio que vende a calça jeans está localizado no estado de São Paulo, recebe da confecção o algodão na forma de calça jeans básica de cinco bolsos e disponibiliza esse produto para o mercado. Não existem perdas a serem consideradas entre a confecção e o comércio de calças.

A Figura 11 do diagrama de energia da etapa comercial venda de calças jeans apresenta as interações dessa etapa comercial e sua saída, que é a calça jeans destinada ao mercado consumidor.

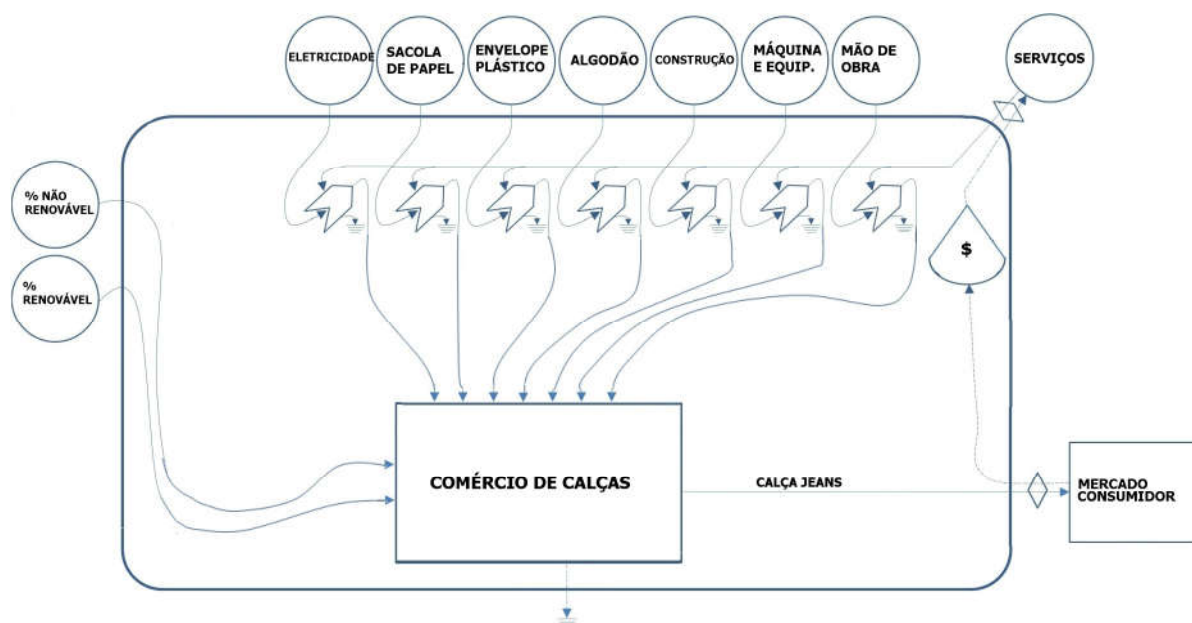


Figura 11 - Diagrama de energia da etapa comercial venda das calças jeans

A estrutura da unidade prestação de serviço no comércio de calças tem como fonte Alobras (2017) e IEMI (2016) em uma unidade de prestação de serviço para comercializar 103000 unidades ao ano de calças jeans.

No Apêndice G, a Tabela 109 demonstra a demanda prevista para o consumo de eletricidade. A Tabela 110 demonstra a demanda prevista de calças jeans, medido em gramas, e quantidade de peças A Tabela 111 demonstra previsão de envelopes plásticos para embalar as calças jeans, medido em gramas. A Tabela 112 demonstra previsão de bolsas de papelão para embalar as calças jeans, medido em gramas. A área de comércio necessária é demonstrada na Tabela 113, medido em metros quadrados, e a relação de máquinas e equipamentos, na Tabela 114.

A Tabela 115 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção do comércio de calças jeans. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial. A Tabela 116 demonstra a demanda financeira de serviços em unidade financeira do dólar americano com cotação de janeiro 2011.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a realização da contabilidade em emergia, utiliza-se um diagrama de energia, indicando os fluxos que compõem o sistema estudado, sejam eles fluxos de recursos naturais renováveis (R), sejam recursos não renováveis (N) ou recursos provenientes da economia (F).

Foram elaboradas tabelas de emergia para cada etapa da cadeia de fornecimento do ramo têxtil para a construção da calça jeans, para estabelecer as etapas de maior consumo de recursos, os insumos de maior importância em cada etapa e destacar oportunidades de aplicação de práticas de produção mais limpa. Foram construídas seis tabelas com a contabilidade em emergia das etapas da cadeia de fornecimento.

### **4.1 Contabilidade em emergia agricultura do algodão**

A Tabela 4 demonstra que os resultados dos recursos renováveis e recursos provenientes da economia representam 26% e 72%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a cultura do algodão. A contribuição dos recursos não renováveis é menor que 1%. A chuva química representa aproximadamente 26% do total de emergia na plantação, sendo o recurso natural mais importante. Nessa etapa, a mão de obra representa 3% da emergia total, devido à forte mecanização da lavoura do algodão (Severino, 2014), enquanto que os fertilizantes contribuem com aproximadamente 54% da emergia total. Esse percentual é maior que o da contribuição dos recursos renováveis (26%), mostrando que essa cultura depende mais dos recursos provenientes da economia do que dos recursos naturais gratuitos. Os valores encontrados não coincidem totalmente com os estudos de Brandt-Williams (2002), que relataram como recursos mais importantes para a cultura do algodão a evapotranspiração (6,58%) e a perda líquida do solo (44,78%), embora o percentual de participação do nitrogênio (33,89%) tenha sido semelhante. Na modelagem deste estudo, não foi considerada a Evapotranspiração. A perda de solo neste estudo não foi tão significativa quanto no estudo de Brandt-Williams, pois o solo está mais protegido por haver sido aplicado nele o milho. A demanda por nitrogênio da planta de algodão mostrou-se similar nos dois estudos. Takahashi e Ortega (2010) também encontraram um valor maior para a perda de solo (19,95%).

Entretanto, essa diferença pode ser atribuída às diferenças na forma de cálculo. Já na avaliação de Vendrametto (2011), a energia química da chuva (16,11%) é o recurso renovável que mais contribuiu para o sistema. A perda líquida do solo foi de 0,99%. O nitrogênio se destaca com 35,02%.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 990,00, sendo que Em\$ 272,00 correspondem aos itens locais gratuitos, o que representa 27% dos recursos totais e Em\$ 722,00 aos itens provenientes da economia. O custo do serviço de produção na agricultura por hectare ano é Em\$ 2.159,93 US\$ (2011) ha.ano (Severino, 2014). O valor 2.159.93 US\$(2011) é o faturamento por hectare (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 990,00 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 42. A diferença entre o resultado e o esforço para obter esse resultado deu saldo positivo (Em\$ 2,159.93 – Em\$ 990.00 = 1,164.83), o que significa que o mercado remunerou a mais do que o esforço feito para gerar o produto.

Na Tabela 4 e na literatura, observa-se que o nitrogênio é o recurso que tem grande contribuição percentual em energia. Dessa forma, pode-se identificar uma oportunidade para aplicação de esforços para diminuir seu uso na agricultura do algodão (Urquiaga e Boddey, 1995).

Tabela 4 - Avaliação em energia da agricultura do algodão para a produção 3924 kg/ha ano\*. Cálculos detalhados dos valores da tabela são mostrados no Apêndice A.

Item	Unit	Data (units / ha yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	Em\$ Value US\$ (2011)/yr	% Without Service
RENEWABLE RESOURCES						
Sun	J	1.10E+13	1.00E+00	1.10E+13	1.96	0.20%
Wind	J	5.06E+08	3.20E+03	1.62E+12	0.29	0.03%
Rain Geopotential	J	3.89E+08	2.24E+04	8.70E+12	1.55	0.16%
Rain chemical	J	3.73E+10	3.89E+04	1.45E+15	259.12	26.14%
NONRENEWABLE STORAGES						
Net Topsoil Loss	J	5.88E+08	9.38E+04	5.51E+13	9.85	0.99%
PURCHASED INPUTS						
Operational inputs						
Millet Seeds	J	2.14E+08	1.44E+05	3.08E+13	5.49	0.55%
Cotton Seeds	J	2.64E+08	4.73E+05	1.25E+14	22.27	2.25%
Machine	*	*	*	7.20E+13	12.86	1.30%
Fuel	J	2.99E+09	8.39E+04	2.51E+14	44.84	4.52%
Nitrogen	g	2.31E+05	8.42E+09	1.94E+15	347.13	35.02%
Phosphate	g	6.72E+04	1.19E+10	7.99E+14	142.63	14.39%
Potash	g	2.03E+05	1.18E+09	2.41E+14	42.95	4.33%
Lime	g	1.39E+05	2.14E+09	2.97E+14	53.12	5.36%
Pesticides	g	5.90E+03	1.88E+10	1.11E+14	19.82	2.00%
Labor	J	1.20E+07	1.46E+07	1.75E+14	31.22	3.15%
Emergy without services				5,50E+15		100.0%

Services	US\$(2011)	2.16E+03	5.60E+12	1.21E+16	2,159.93
Total Energy with services				1,76E+16	3,142.47
TRANSFORMITIES, Calculated					
Total Yield without services	g	3.92E+06	1.41E+09	seJ/g	
	J	6.67E+10	8.32E+04	seJ/J	
Total Yield with services	g	3.92E+06	4.50E+09	seJ/g	
	J	6.67E+10	2.65E+05	seJ/J	

\*A produção média no Brasil é de 3924 kg/ha ano, descrito no Apêndice A.

\*\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice A.

Tabela 5 - Indicadores tradicionais empregados pela metodologia (ODUM, 1996) do cultivo de algodão, comparados com os encontrados na literatura

Indice		Formula	Without Service	Brandt-Williams (2002)	Takahashi e Ortega (2010)	Vendrametto (2011)
<b>Renewable resources(%R)</b>	%R		26.14	6.25	16.96	16.10
<b>Non renewable resources (%N)</b>	%N		0.99	42.48	19.95	0.40
<b>Economic resources (%F)</b>	%F		72.87	51.27	63.09	83.50
<b>Emergy Yield Ratio (EYR)</b>	EYR	Y / F	1.38	2.06	1.58	1.20
<b>Emergy Investment Ratio (EIR)</b>	EIR	F / (N+R)	2.69	0.95	1.71	5.06
<b>Environmental Loading Ratio (ELR)</b>	ELR	(N+F) / R	2.83	14.19	4.90	5.21
<b>Environmental Sustainability Index</b>	ESI	EYR / ELR	0.49	0.15	0.32	0.23
<b>Transformity: (seJ/J)</b>			2.63E+05	1.36E+06	1.56E+06	
<b>UEV: (seJ/g)</b>			1.40E+09	2.31E+10		2.84E+08

A razão de produtividade em emergia (EYR) para a etapa agricultura do algodão é de 1,38, ou seja, a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F) / (\%F)) = (100,00 / 72,87) = 1,38$ . No trabalho de Brandt-Williams, a participação de %F = 51,27% é a menor de todas, pois a perda de solo, que é um recurso não renovável, é o item que mais contribui para o %N ser de 42,48%. Nos demais trabalhos, o valor de EYR mantém-se próximo.

A razão de investimento em emergia (EIR) para a etapa agricultura do algodão é de 2,69, isto é, a razão dos recursos oriundos da economia (%F) é dividida pelos recursos renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (72,87 / (26,14 + 0,99)) = 2,69$ . A maior participação na soma dos recursos

renováveis e não renováveis está no trabalho de Brandt-Williams = 48,73%, devido à forte participação da perda do solo, onde  $EIR=0,95$ . No outro extremo, o trabalho de Vendrametto mostra o valor de  $EIR = (F/(N+R))=(\%83,50/(16,10+0,40))=5,06$ , onde a ureia (recurso oriundo da economia) tem forte participação.

A razão de carga em energia (ELR) deste trabalho é de 2,83, a menor de todas, pois é considerada uma grande participação do recurso renovável chuva química que contribui para a participação desse recurso em  $R\%=26,14\%$ . No outro extremo, o trabalho de Brandt-Williams mostra forte participação do item perda de solo pertencente ao recurso não renovável ( $N\%=42,48$ ) e sugere que esse índice seja de  $ELR=14,19$ .

O índice de sustentabilidade ambiental é a razão em produtividade e a carga ambiental. Neste trabalho, o  $ESI=0,49$  obteve o maior valor comparativo entre esses trabalhos, devido à forte participação do item chuva química, que é um recurso renovável. No outro extremo, há o estudo de Brandt-Williams, em que o item perda de solo pertencente ao recurso não renovável promove que o valor do ESI seja igual a 0,15.

## **4.2 Contabilidade em energia cotonifício**

Os resultados indicados na Tabela 6 mostram que os recursos renováveis e os recursos provenientes da economia representam 24% e 75%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a manufatura do algodão no cotonifício. A matéria-prima algodão participa, ao todo, com 90%, distribuídos em recursos não renováveis (R) <1%, recursos renováveis (N) 24% e no recurso oriundo da economia (F) com 66% do total de energia no cotonifício. Isso demonstra a forte participação da matéria-prima algodão. Nessa etapa de produção, o consumo em energia elétrica representa 3% e a mão de obra representa 1,7% da energia total, enquanto que as edificações do cotonifício contribuem com aproximadamente 2% da energia total. Esses resultados são esperados, devido à forte participação da matéria-prima algodão nessa etapa do sistema.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 8,44E+06 US\$(2011), sendo que Em\$ 1,50E+06 US\$(2011) correspondem aos itens locais gratuitos, o que representa 18% dos recursos totais e Em\$ 6,94E+06 US\$(2011) aos itens

provenientes da economia. O custo do serviço de produção no cotonifício por fábrica que produz x kg/ano é Em\$ 2,69E+07 US\$(2011) ha.ano (CEPEA/ESALQ, 2011). O valor 2,69E+07 US\$(2011) é o faturamento do cotonifício em um ano (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 8,44E+06 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 73. A diferença entre o resultado e o esforço para obter este resultado deu saldo positivo (Em\$ 2,69E+07 – Em\$ 8,44E+06 = 1,85E+07), o que significa que o mercado remunerou a mais do que o esforço feito para gerar o produto.

Tabela 6 - Avaliação em Emergia de um cotonifício, produção 7000 toneladas algodão embalado em fardos por ano. Cálculos detalhados dos valores da tabela são mostrados no Apêndice C.

Note	Item	Unit	Data (units/yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	Em\$ Value US\$ (2011)/yr	% Without Service
Energy inputs							
	Electric energy	J	5.07E+12	2.03E+05	1.03E+18	184,226.95	3.0%
	Water	g	5.00E+10	6.10E+04	3.05E+15	544.79	0.0%
	Fuel (Diesel Oil)	J	2.84E+12	1.40E+05	3.97E+17	70,809.63	1.2%
Material (Renewable)							
	Cotton	g	5.72E+09	1.41E+09	8.09E+18	1,444,469.26	23.7%
Material (NonRenewable)							
	Cotton	g	2.17E+08	1.41E+09	3.07E+17	54,884.58	0.9%
Material (Purchased)							
	Cotton	g	1.59E+10	1.41E+09	2.25E+19	4,026,596.21	66.1%
Construction and Equipment							
	Building area	m <sup>2</sup>	1.36E+02	5.17E+15	7.04E+17	2,471,071.43	2.1%
	Machine and Equipment	kg	1.47E+04	1.13E+13	1.66E+17	29,604.84	0.5%
Operation and Maintenance							
	Operational Labors	J	4.03E+10	1.46E+07	5.89E+17	105,121.94	1.7%
	Maintenance Labors	J	1.94E+10	1.46E+07	2.83E+17	50,539.39	0.8%
Emergy without services							
	Services	US\$	2.69E+07	5.60E+12	1.51E+20	26,906,386.20	100.0%
Emergy with services							
TRANSFORMITIES, calculated							
	Total Yield without services	g	7.00E+09	4.87E+09	seJ/g		
		J	1.19E+14	2.87E+05	seJ/J		
	Total Yield with services	g	7.00E+09	2.64E+10	seJ/g		
		J	1.19E+14	1.55E+06	seJ/J		

\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice C.

Na Tabela 6, observa-se que a segunda maior demanda é a energia elétrica, com 3,0 % recurso que tem grande contribuição percentual em emergia. Dessa forma, pode-se recomendar ao produtor que se busquem formas de reduzir as perdas no uso desse insumo.

Tabela 7 - Índices calculados em energia de um cotonifício, produção 7000 toneladas algodão embalado em fardos por ano

Índice			Without Service
Renewable resources (%R)	%R		23.71%
Non renewable resources (%N)	%N		0.90%
Economic resources (%F)	%F		75.39%
Energy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y / F	1.33
Energy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	3.06
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	3.22
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.41

A razão de produtividade em energia (EYR) deste trabalho é de 1,33, ou seja, a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F) / (\%F)) = (100,00 / 75,39) = 1,33$ . O recurso econômico mais significativo é a matéria-prima algodão, com 66,1% com o %F = 75,39%.

A razão de investimento em energia (EIR) deste trabalho é de 3,06, isto é, a razão dos recursos oriundos da economia (%F) é dividida pelos recursos renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (75,39 / (23,71 + 0,90)) = 3,06$ . A maior participação na soma dos recursos renováveis e não renováveis está na matéria-prima algodão = 24,61%.

A razão de carga em energia (ELR) deste trabalho é de 3,22, e o recurso renovável da matéria-prima algodão contribui para a participação desse recurso em  $R\% = 23,71\%$ .

O índice de sustentabilidade ambiental, que é a razão em produtividade e a carga ambiental, neste trabalho é  $ESI = 0,41$ .

### 4.3 Contabilidade em energia fiação

Os resultados apontados na Tabela 8 mostram os recursos renováveis e os recursos provenientes da economia, que representam 16% e 83%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a manufatura do algodão na fiação. A matéria-prima algodão participa, ao todo, com 68%, distribuídos em recursos não renováveis menores que 1%, recurso renovável, com 16%, e recurso oriundo da economia, com 50% do total de energia na fiação, o que demonstra a forte participação da matéria-prima algodão, pois é previsível essa propagação da

hegemonia da matéria-prima algodão por todas as etapas do sistema. Nessa etapa de produção, o consumo em energia elétrica representa 13%, e a mão de obra, 7% da energia total, enquanto que as edificações da fiação contribuem com aproximadamente 3,5% da energia total.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 1.75E+07 US\$(2011), sendo que Em\$ 1.77E+06 US\$(2011) correspondem aos itens locais gratuitos, que são itens oriundos de recursos renováveis e não renováveis. Estes representam 10% dos recursos totais e Em\$ 1.57E+07 US\$(2011) aos itens provenientes da economia. O custo do serviço de produção na fiação por fábrica que produz x kg/ano é Em\$ 4.00E+07 US\$(2011) ha.ano (Etiopia, 2015). O valor 4.00E+07 US\$(2011) é o faturamento da fiação em um ano (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 1.75E+07 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 82. A diferença entre o resultado e o esforço para obter esse resultado deu saldo positivo (Em\$ 4.00E+07 – Em\$ 1.75E+07 = 2.23E+07), o que significa que o mercado remunerou a mais do que foi o esforço feito para gerar o produto.

Tabela 8 - Avaliação em energia de uma fiação, produção 8000 toneladas fios de algodão em bobinas por ano. Cálculos detalhados dos valores da tabela são mostrados no Apêndice D.

Note	Item	Unit	Data (units/yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	Em\$ Value US\$ (2011)/yr	% Without Service
Energy inputs							
	Electric energy	J	3.84E+13	2.03E+05	7.81E+18	1,394,673.17	13.20%
	Water	g	1.60E+10	6.10E+04	9.76E+14	174.33	0.0017%
	Fuel (Diesel Oil)	J	1.42E+13	1.40E+05	1.98E+18	354,048.16	3.35%
Material (Renewable)							
	Cotton (Lint Bale)	g	1.96E+09	4.87E+09	9.53E+18	1,701,878.36	16.11%
Material (NonRenewable)							
	Cotton (Lint Bale)	g	7.43E+07	4.87E+09	3.62E+17	64,665.19	0.61%
Material (Purchased)							
	Cotton (Lint Bale)	g	6.22E+09	4.87E+09	3.03E+19	5,411,595.24	51.22%
Construction and Equipment							
	Building area	m <sup>2</sup>	4.00E+02	5.17E+15	2.07E+18	7,267,857.14	3.50%
	Machine and Equipment	Kg	1.66E+05	1.13E+13	1.87E+18	334,261.20	3.16%
Operation and Maintenance							
	Operational Labors	J	2.77E+11	1.46E+07	4.05E+18	723,833.39	6.85%
	Maintenance Labors	J	8.04E+10	1.46E+07	1.17E+18	209,806.78	1.99%
Emergy without services							
	Services	US\$	4.00E+07	5.60E+12	5.92E+19	17,462,792.96	100.00%
Emergy with services							
	TRANSFORMITIES, calculated				2.24E+20	40,023,880.60	
	Total Yield without services	g	8.00E+09	7.40E+09	seJ/g		
		J	1.36E+14	4.35E+05	seJ/J		
	Total Yield with services	g	8.00E+09	3.54E+10	seJ/g		
		J	1.36E+14	2.08E+06	seJ/J		

\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice D.

Na Tabela 8, observa-se que a demanda de óleo diesel com 3,35 % recurso utilizado para esquentar as caldeiras geradoras de vapor, mesmo não sendo um recurso de maior demanda, poderá ser uma oportunidade para buscar formas de reduzir as perdas no uso desse insumo dentro dessa etapa.

Tabela 9 - Índices calculados em emergia de uma fiação, produção 8000 toneladas em bobinas de algodão por ano

Indice			Without Service
Renewable resources (%R)	%R		16.11
Non renewable resources (%N)	%N		0.61
Economic resources (%F)	%F		83.28
Emergy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y / F	1.201
Emergy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	4.980
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	5.208
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.231

A razão de produtividade em emergia (EYR) deste trabalho é de 1,21, sendo a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F) / (\%F)) = (100,00 / 83,28) = 1,21$ . O recurso econômico mais significativo é a matéria-prima algodão, com 51,22% com o %F = 83,28%.

A razão de investimento em emergia (EIR) deste trabalho é de 4,98, sendo a razão dos recursos oriundos da economia (%F) dividida pelos recursos renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (83,28 / (16,11 + 0,61)) = 4,98$ . A maior participação na soma dos recursos renováveis e não renováveis está na matéria-prima algodão = 16,72%.

A razão de carga em emergia (ELR) deste trabalho é de 5,208, e o recurso renovável matéria-prima algodão que contribui para a participação desse recurso em  $R\% = 16,11\%$ .

O índice de sustentabilidade ambiental (ESI) que é a razão em produtividade (EYR) e a carga ambiental (ELR), neste trabalho com  $ESI = 0,23$ .

#### 4.4 Contabilidade em emergia tecelagem

Os resultados descritos na Tabela 10 mostram os recursos renováveis e os recursos provenientes da economia, que representam 11% e 88%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a manufatura do algodão na tecelagem. A

matéria-prima algodão participa, ao todo, com 67% distribuídos em recursos não renováveis (N)<1%, recurso renovável(R)=11% e no recurso oriundo da economia(F)=56% do total de energia na tecelagem, o que demonstra a forte participação da matéria-prima algodão. Nessa etapa de produção, o consumo em óleo diesel para aquecer as caldeiras representa 17,5%, e a mão de obra representa 2,4% da energia total, enquanto que as edificações da tecelagem contribuem com aproximadamente 3% da energia total.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 3.99E+07 US\$(2011), sendo que Em\$ 2.82E+06 US\$(2011) correspondem aos itens locais gratuitos, o que representa 7% dos recursos totais e Em\$ 3.71E+07 US\$(2011) aos itens provenientes da economia. O custo do serviço de produção na tecelagem por fábrica que produz x kg/ano é Em\$ 7.11E+07 US\$(2011) ha.ano (Etiopia, 2015). O valor 7.11E+07 US\$(2011) é o faturamento da tecelagem em um ano (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 3.99E+07 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 93. A diferença entre o resultado e o esforço para obter esse resultado deu saldo positivo (Em\$ 7.11E+07 – Em\$ 3.99E+07 = 3.11E+07), o que significa que o mercado remunerou a mais do que o esforço feito para gerar o produto.

Tabela 10 - Avaliação em Energia de uma tecelagem, produção 11905 toneladas tecido jeans embalado em rolos por ano. Cálculos detalhados dos valores da tabela são mostrados no Apêndice E.

Item	Unit	Data (units/yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	Em\$ Value US\$ (2011)/yr	% Without Service
Energy inputs						
Electric energy	J	5.22E+13	2.03E+05	1.06E+19	1,896,992.54	7.5%
Water	g	6.61E+11	6.10E+04	4.03E+16	7,199.40	0.0%
Fuel (Diesel Oil)	J	1.77E+14	1.40E+05	2.48E+19	4,425,602.03	17.5%
Material (Renewable)						
Cotton (yarn)	g	2.06E+09	7.40E+09	1.52E+19	2,720,195.07	10.7%
Material (NonRenewable)						
Cotton (yarn)	g	7.83E+07	7.40E+09	5.79E+17	103,357.52	0.4%
Material (Purchased)						
Cotton (yarn)	g	1.06E+10	7.40E+09	7.87E+19	14,062,182.95	55.6%
Dyestuff (Indigo Vat Dye)	g	8.16E+07	2.14E+09	1.74E+17	31,132.47	0.1%
Chemicals	g	8.71E+08	2.14E+09	1.86E+18	332,079.66	1.3%
Construction and Equipment						
Building area	m <sup>2</sup>	8.48E+02	5.17E+15	4.39E+18	15,403,130.76	3.1%
Machine and Equipment	kg	8.47E+04	1.13E+13	9.54E+17	170,368.63	0.7%
Operation and Maintenance						
Operational Labors	J	2.29E+11	1.46E+07	3.35E+18	597,949.32	2.4%
Maintenance Labors	J	6.97E+10	1.46E+07	1.02E+18	181,832.54	0.7%
Emergency without services						
Services	US\$	7.11E+07	5.60E+12	3.98E+20	71,076,486.78	100.0%

Emergy with services				5.40E+20
TRANSFORMITIES, calculated				
Total Yield without services	g	1.19E+10	1.19E+10	sel/g
	J	2.02E+14	7.00E+05	sel/J
Total Yield with services	g	1.19E+10	4.53E+10	sel/g
	J	2.02E+14	2.67E+06	sel/J

\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice E.

Na Tabela 10, observa-se a demanda de óleo diesel com 17,5 % recurso utilizado para esquentar as caldeiras geradoras de vapor, sendo o segundo recurso de maior demanda, o que poderá ser uma oportunidade para buscar formas de reduzir as perdas no uso desse insumo dentro dessa etapa.

Tabela 11 - Índices calculados em emergia de uma tecelagem, produção 11905 toneladas tecido jeans embalado em rolos por ano

Indice			Without Service
Renewable resources (%R)	%R		10.75
Non renewable resources (%N)	%N		0.41
Economic resources (%F)	%F		88.85
Emergy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y / F	1.126
Emergy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	7.965
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	8.305
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.1355

A razão de produtividade em emergia (EYR) deste trabalho é de 1,13, isto é, a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F) / (\%F)) = (100,00 / 88,85) = 1,13$ . O recurso econômico mais significativo é a matéria-prima algodão, com 55,56% com o %F = 88,85%.

A razão de investimento em emergia (EIR) deste trabalho é de 7,97, ou seja, a razão dos recursos oriundos da economia (%F) é dividida pelos recursos renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (88,85 / (10,75 + 0,41)) = 7,97$ . A maior participação na soma dos recursos renováveis e não renováveis está na matéria-prima algodão = 11,16%.

A razão de carga em emergia (ELR) deste trabalho é de 8,305, e o recurso renovável matéria-prima algodão contribui para a participação desse recurso em  $R\% = 10,75\%$ .

O índice de sustentabilidade ambiental da etapa tecelagem que é a razão em produtividade (EYR) e a carga ambiental (ELR), neste trabalho o ESI=0,14.

## 4.5 Contabilidade em energia confecção

Os resultados registrados na Tabela 12 mostram que os recursos renováveis e os recursos provenientes da economia representam 4,6% e 95,2%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a manufatura do algodão na confecção. A matéria-prima algodão participa, ao todo, com 42,8%, distribuídos em recursos não renováveis (N)<1%, recurso renovável (R)=4,6% e no recurso oriundo da economia (F)=38% do total de energia da etapa confecção, o que demonstra a forte participação da matéria-prima algodão. Nessa etapa de produção, o consumo em energia elétrica representa 5,5%, e a mão de obra representa 26,8% da energia total, o que caracteriza o uso intenso de mão de obra manual (Etiopia, 2015), enquanto que as edificações da confecção contribuem com aproximadamente 2,5% da energia total.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 1,52E+06 US\$(2011), sendo que Em\$ 7,28E+05 US\$(2011) correspondem aos itens locais gratuitos, o que representa 5% dos recursos totais e Em\$ 1,45E+06 US\$(2011) aos itens provenientes da economia. O custo do serviço de produção na confecção por fábrica que produz x kg/ano é Em\$ 2,09E+06 US\$(2011) ha.ano (Etiopia, 2015). O valor 2,09E+06 US\$(2011) é o faturamento da confecção em um ano (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 1,52E+06 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 108. A diferença entre o resultado e o esforço para obter esse resultado deu saldo positivo (Em\$ 2,09E+06 – Em\$ 1,52E+06 = 5,64E+05), o que significa que o mercado remunerou a mais do que o esforço feito para gerar o produto.

Tabela 12 - Avaliação em Energia de uma confecção, produção 350000 unidades de calças jeans básica de cinco bolsos por ano. Cálculos detalhados dos valores da tabela são mostrados no Apêndice F.

Item	Unit	Data (units/yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	Em\$ Value US\$ (2011)/yr	% Without Service
Energy inputs						
Electric energy	J	2.30E+12	2.03E+05	4.68E+17	83,628.09	5.5%
Water	g	1.31E+12	6.10E+04	8.01E+16	14,301.07	0.9%
Fuel (Diesel Oil)	J	1.54E+12	1.40E+05	2.15E+17	38,355.22	2.5%
Material (Renewable)						
Cotton (Denim fabric)	g	3.30E+07	1.19E+10	3.93E+17	70,094.23	4.6%
Material (NonRenewable)						
Cotton (Denim fabric)	g	1.25E+06	1.19E+10	1.49E+16	2,663.33	0.2%
Material (Purchased)						

Cotton (Denim fabric)	g	2.73E+08	1.19E+10	3.25E+18	579,486.98	38.0%
Chemicals for Laundry	g	8.75E+06	2.14E+09	1.87E+16	3,336.86	0.2%
Stitching Thread	g	2.25E+06	4.00E+09	8.99E+15	1,605.86	0.1%
Pocket Lining	g	6.30E+06	1.88E+11	1.19E+18	212,058.37	13.9%
Button/Zipper/Rivets	g	1.40E+07	2.14E+09	2.99E+16	5,338.98	0.4%
Label (plastic - poliester made)	g	2.73E+05	4.00E+09	1.09E+15	195.21	0.0%
Tag (paper made)	g	5.51E+06	2.14E+09	1.18E+16	2,102.22	0.1%
Construction and Equipment						
Building area	m <sup>2</sup>	4.13E+01	5.17E+15	2.14E+17	38,177.73	2.5%
Machine and Equipment	kg	4.28E+03	1.13E+13	4.82E+16	8,605.92	0.6%
Operation and Maintenance						
Operational Labors	J	1.57E+11	1.46E+07	2.29E+18	409,123.22	26.8%
Maintenance Labors	J	2.14E+10	1.46E+07	3.13E+17	55,948.47	3.7%
Emergy without services				8.54E+18	1,525,021.77	100.0%
Services	US\$(2011)	2.09E+06	5.60E+12	1.17E+19	2,089,552.24	
Emergy with services				2.02E+19		
TRANSFORMITIES, calculated						
Total Yield without services	g	2.63E+08	3.25E+10	sel/g		
	pants	3.50E+05	2.44E+13	sel/pants		
	J	4.46E+12	1.91E+06	sel/J		
Total Yield with services	g	2.63E+08	7.71E+10	sel/g		
	pants	3.50E+05	5.78E+13	sel/pants		
	J	4.46E+12	4.54E+06	sel/J		

\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice F.

Na Tabela 12, observa-se que a mão de obra é um recurso econômico de destaque e tem uma contribuição percentual de 26,8% em emergia. Isso comprova o alto grau de emprego do ser humano nessa etapa do sistema.

Tabela 13 - Índices calculados em emergia de uma confecção, produção 350000 unidades de calças jeans básica de cinco bolsos por ano

Índice			Without Service
Renewable resources (%R)	%R		4.60
Non renewable resources (%N)	%N		0.18
Economic resources (%F)	%F		95.23
Emergy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y / F	1.050
Emergy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	19.960
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	20.757
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.0506

A razão de produtividade em emergia (EYR) deste trabalho é de 1,05, sendo a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F) / (\%F)) = (100,00 / 95,23) = 1,05$ . O recurso econômico mais significativo é a matéria-prima algodão com 42,77% com o %F = 95,23%.

A razão de investimento em emergia (EIR) deste trabalho é de 19,96, ou seja, a razão dos recursos oriundos da economia (%F) é dividido pelos recursos

renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (95,23 / (4,6 + 0,18)) = 19,96$ . A maior participação na soma dos recursos renováveis e não renováveis está na matéria-prima algodão = 42,77%, onde  $EIR = 19,96$ .

A razão de carga em energia (ELR) deste trabalho é de 20,76, e o recurso renovável matéria-prima algodão contribui para a participação desse recurso em  $R\% = 4,6\%$ .

O índice de sustentabilidade ambiental (ESI) que é a razão em produtividade (EYR) e a carga ambiental (ELR), neste trabalho a etapa confecção  $ESI = 0,05$ .

#### **4.6 Contabilidade em energia comércio de calças**

Os resultados que integram a Tabela 14 mostram que os recursos renováveis e os recursos provenientes da economia representam 4,14% e 95,70%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a manufatura do algodão no cotonifício. A matéria-prima algodão participa, ao todo, com 90% distribuídos em recursos não renováveis  $(N) < 1\%$ , recurso renovável  $(R) = 4,14\%$  e no recurso oriundo da economia  $(F) = 85,73\%$  do total de energia da etapa comércio de calças, o que demonstra a forte participação da matéria-prima algodão na forma de calças jeans. Nessa etapa de produção, o consumo em energia elétrica representa 0,29%, e a mão de obra representa 6,28% da energia total, enquanto que as edificações do que comercializa a calça jeans contribuem com aproximadamente 1,44% da energia total.

O valor do Em\$ calculado foi de aproximadamente Em\$ 6,35E+05 US\$(2011), sendo que Em\$ 2,15E+04 US\$(2011) correspondem aos itens locais gratuitos, o que representa 3% dos recursos totais e Em\$ 6,14E+06 US\$(2011) aos itens provenientes da economia. O custo do serviço de produção na confecção por fábrica que produz x kg/ano é Em\$ 1,55E+06 US\$(2011) ha.ano (Alobras, 2017). O valor 1,55E+06 US\$(2011) é o faturamento do mercado de venda de calças jeans em um ano (a saída do sistema). O esforço em métricas monetárias Em\$ para gerar esse resultado foi de 6,35E+05 US\$(2011), que é a soma dos Em\$ dos itens da Tabela 116. A diferença entre o resultado e o esforço para obter esse resultado deu saldo positivo  $(Em\$ 1,55E+06 - Em\$ 6,35E+05 = 9,17E+05)$ , o que significa que o

mercado remunerou a mais do que o esforço feito para gerar o produto.

Tabela 14 - Avaliação em energia de um comércio de calças, que revende 103483 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano. Cálculos detalhados dos valores da tabela são demonstrados no Apêndice G.

Item	Unit	Data (units/yr)	Unit Solar	Solar	Em\$	%
			EMERGY (seJ/unit)	EMERGY (seJ/yr)	Value US\$ (2011)/yr	Without Service
Energy inputs						
Electric energy	J	3.93E+10	2.03E+05	8.00E+15	1,427.80	0.3%
Material (Renewable)						
Cotton (Denim fabric)	g	3.57E+06	3.25E+10	1.16E+17	20,724.38	4.1%
Material (NonRenewable)						
Cotton (Denim fabric)	g	1.36E+05	3.25E+10	4.41E+15	787.45	0.2%
Material (Purchased)						
Cotton (Denim fabric)	g	7.39E+07	3.25E+10	2.40E+18	429,383.02	85.7%
Envelope (plastic - poliester made)	g	2.48E+06	4.00E+09	9.94E+15	1,775.87	0.4%
Cardboard Bag (paper made)	g	1.09E+07	2.14E+09	2.32E+16	4,143.69	0.8%
Construction and Equipment						
Building area	m <sup>2</sup>	7.80E+00	5.17E+15	4.04E+16	141,793.20	1.4%
Machine and Equipment	kg	2.22E+02	1.13E+13	2.49E+15	445.48	0.1%
Operation and Maintenance						
Operational Labors	J	1.21E+10	1.46E+07	1.76E+17	31,471.02	6.3%
Maintenance Labors	J	1.34E+09	1.46E+07	1.96E+16	3,496.78	0.7%
Emergy without services				2.80E+18	635,448.68	100.00%
Services	US\$(2011)	1.55E+06	5.60E+12	8.69E+18	1,552,238.81	
Emergy with services				1.15E+19		
TRANSFORMITIES, calculated						
Total Yield without services	g	7.76E+07	3.61E+10	seJ/g		
	pants	1.03E+05	2.71E+13	seJ/pants		
	J	1.32E+12	2.13E+06	seJ/J		
Total Yield with services	g	7.76E+07	1.48E+11	seJ/g		
	pants	1.03E+05	1.11E+14	seJ/pants		
	J	1.32E+12	8.71E+06	seJ/J		

\* Os cálculos para a obtenção desses dados podem ser encontrados no Apêndice G.

Na Tabela 14, Oportunidades para a implantação de produção mais limpa (P+L) estão em Mão de Obra, com participação de 6,28% e área construída, o melhor uso da mão de obra como a variação da quantidade de atendentes conforme o horário de pico e uso mais racional do espaço da loja.

Tabela 15 - Índices calculados em energia de um comércio de calças, que revende 103483 unidades de calças jeans básicas de cinco bolsos por ano

Indice			Without Service
Renewable resources (%R)	%R		4.14
Non renewable resources (%N)	%N		0.16
Economic resources (%F)	%F		95.71
Emergy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y/ F	1.045
Emergy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	22.283
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	23.168
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.0451

A razão de produtividade em energia (EYR) deste trabalho é de 1,045, sendo a razão das saídas dividida pela participação dos recursos oriundos da economia (Y/F)  $((\%R + \%N + \%F)/(\%F)) = (100,00/95,71) = 1,045$ . O recurso econômico mais significativo é a matéria-prima algodão, com 90,02% com o  $\%F = 95,71\%$ .

A razão de investimento em energia (ELR) deste trabalho é de 22,28, ou seja, a razão dos recursos oriundos da economia ( $\%F$ ) é dividido pelos recursos renováveis e não renováveis  $(\%R + \%N) = (95,71/(4,14 + 0,16)) = 22,28$ . A maior participação na soma dos recursos renováveis e não renováveis está na matéria-prima algodão = 85,73%.

A razão de carga em energia (ELR) deste trabalho é de 23,17, e o recurso renovável matéria-prima algodão contribui para a participação desse recurso em  $R\% = 4,14\%$ .

O índice de sustentabilidade ambiental (ESI) que é a razão em produtividade (EYR) e a carga ambiental (ELR), neste trabalho a etapa comércio de calças  $ESI = 0,045$ .

#### **4.7 Contabilidade em energia da Cadeia de suprimentos da produção de calças jeans**

A Tabela 16 mostra um resumo dos indicadores tradicionais empregados pela metodologia (ODUM, 1996) das seis etapas da cadeia de fornecimento das calças jeans. A análise foi realizada em etapas separadas, considerando-se unidades dimensionadas de acordo com projetos de unidades fabris semelhantes aos implantados na indústria. Nesse caso, o algodão foi considerado como entrada em cada uma das unidades e, como mostram as tabelas de energia individual de cada unidade, é a principal contribuição em energia em todas elas. Os indicadores, assim calculados, podem ser de utilidade para cada unidade fabril, para a unidade de comércio e para o monitoramento do desempenho individual de cada etapa.

Tabela 16 - Resumo dos principais indicadores em energia para as unidades da cadeia de fornecimento das calças jeans

		<b>Agriculture</b>	<b>Cotton Gin</b>	<b>Spinning</b>	<b>Weaving</b>	<b>Apparel Mill</b>	<b>PantsStore</b>
<b>Emergy</b>	seJ/yr	5.50E+15	3.41E+19	5.92E+19	1.42E+20	8.54E+18	2.80E+18
<b>Transformity</b>	seJ/J.yr (WoS)	8.32E+04	2.87E+05	4.35E+05	7.00E+05	1.91E+06	2.13E+06
<b>EYR</b>		1.38	1.33	1.20	1.13	1.05	1.04
<b>EIR</b>		2.69	3.06	4.98	7.97	19.96	22.28
<b>ELR</b>		2.83	3.22	5.21	8.31	20.76	23.17
<b>ESI</b>		0.49	0.41	0.23	0.14	0.05	0.04
<b>Cotton Qty</b>	ton/yr	3.9	7,000.0	8,000.0	11,905.0	262.5	78.0
<b>Equivalent</b>	Weaving Unit	3053	2	2	1	46	153
<b>Emergy</b>	Equivalent	3.09E+19	1.07E+20	9.71E+19	1.42E+20	3.10E+20	3.42E+20

Na Tabela 16, os valores das emergias e transformidades (UEVs) são desconsideradas as participações dos serviços.

Os valores de produção de cada etapa do sistema neste trabalho têm como base a produção média das indústrias brasileiras (IEMI, 2016). Para poder avaliar e comparar as etapas do sistema deste trabalho considera-se que cada etapa do sistema tenha o potencial de produção igual à etapa de maior produção, que é a tecelagem com 11905 toneladas ao ano. Comparando a produção da tecelagem com as demais etapas do sistema em estudo:

A etapa do sistema agricultura: dividindo-se o valor da produção de produção tecelagem 11905 pela produção agrícola por um hectare de 3,9 toneladas, obtém-se 3052,6. Logo, para a agricultura produzir 11905 toneladas, ela deverá 3053 hectares de plantação de algodão. A etapa do sistema cotonifício: dividindo-se o valor da produção de produção tecelagem 11905 pela produção por cotonifício de 7000 toneladas, obtém-se 1,7. Logo, para a etapa do sistema cotonifício produzir 11905 toneladas, ela deverá ter dois cotonifícios. A etapa do sistema fiação: Dividindo-se o valor da produção de produção tecelagem 11905 pela produção por fiação de 8000 toneladas, obtém-se 1,5. Logo, para a etapa do sistema fiação produzir 11905 toneladas, ela deverá ter duas fiações. A etapa do sistema tecelagem terá seu fator igual a 1. A etapa do sistema confecção: dividindo-se o valor da produção de produção tecelagem 11905 pela produção por confecção de 265,5 toneladas, obtém-se igual 45,4. Logo, para a etapa do sistema confecção produzir 11905 toneladas, ela deverá ter 46 confecções. A etapa do sistema mercado: dividindo-se o valor da produção de produção tecelagem 11905 pela comercialização por

mercado de 78 toneladas, obtém-se 152,6. Logo, para a etapa do sistema mercado comercializar 11905 toneladas, ela deverá ter 153 mercados vendendo calças jeans.

A Tabela 17 mostra a contabilidade em energia da cadeia de fornecimento da calça jeans.

Tabela 17 - Contabilidade em energia da cadeia de fornecimento da calça jeans

Item	Unit	Data (units /yr)	Unit Solar EMERGY (seJ/unit)	Solar EMERGY (seJ/yr)	% sej/sej without Service
AGRICULTURE 3.9 ton/ha.yr	equivalent	3053			
RENEWABLE RESOURCES					
Sun	J	6.18E+16	1.00E+00	6.18E+16	0.02%
Wind	J	2.84E+12	3.20E+03	9.10E+15	0.00%
Rain Geopotential	J	2.19E+12	2.24E+04	4.89E+16	0.02%
Rain chemical	J	2.10E+14	3.89E+04	8.15E+18	2.79%
NONRENEWABLE STORAGES					
Net Topsoil Loss	J	3.30E+12	9.38E+04	3.10E+17	0.11%
PURCHASED INPUTS					
Operational inputs					
Millet Seeds	J	1.20E+12	1.44E+05	1.73E+17	0.06%
Cotton Seeds	J	1.48E+12	4.73E+05	7.01E+17	0.24%
Machine and Equipment	g	*	*	4.04E+17	0.14%
Fuel	J	1.68E+13	8.39E+04	1.41E+18	0.48%
Nitrogen	g	1.30E+09	8.42E+09	1.09E+19	3.74%
Phosphate	g	3.77E+08	1.19E+10	4.49E+18	1.54%
Potash	g	1.14E+09	1.18E+09	1.35E+18	0.46%
Lime	g	7.81E+08	2.14E+09	1.67E+18	0.57%
Pesticides	g	3.31E+07	1.88E+10	6.23E+17	0.21%
Labor	J	6.74E+10	0.34%	0.34%	0.34%
Emergy without services				3.12E+19	10.68%
Services	US\$(2011)	1.21E+07	5.60E+12	6.79E+19	
Total Emergy with services				9.91E+19	
COTTON GIN 7000 ton/yr	equivalent	2			
Energy inputs					
Electric energy	J	1.60E+13	2.03E+05	3.24E+18	1.11%
Water	g	1.57E+11	6.10E+04	9.60E+15	0.00%
Fuel (Diesel Oil)	J	8.94E+12	1.40E+05	1.25E+18	0.43%
Construction and Equipment					
Building area	m <sup>2</sup>	4.28E+02	5.17E+15	2.21E+18	0.76%
Machine and Equipment	kg	4.63E+04	1.13E+13	5.23E+17	0.18%
Operation and Maintenance					
Operational Labors	J	1.27E+11	1.46E+07	1.85E+18	0.63%
Maintenance Labors	J	6.11E+10	1.46E+07	8.92E+17	0.31%
Emergy without services				4.12E+19	14.10%
Services	US\$	8.47E+07	5.60E+12	4.74E+20	
Emergy with services				6.15E+20	
SPINNING 8000 ton/yr	equivalent	2			
Energy inputs					
Electric energy	J	6.30E+13	2.03E+05	1.28E+19	4.38%
Water	g	2.62E+10	6.10E+04	1.60E+15	0.00%
Fuel (Diesel Oil)	J	2.33E+13	1.40E+05	3.26E+18	1.12%
Construction and Equipment					
Building area	m <sup>2</sup>	6.56E+02	5.17E+15	3.39E+18	1.16%
Machine and Equipment	kg	2.72E+05	1.13E+13	3.08E+18	1.05%
Operation and Maintenance					
Operational Labors	J	4.54E+11	1.46E+07	6.63E+18	2.27%
Maintenance Labors	J	1.32E+11	1.46E+07	1.93E+18	0.66%
Emergy without services				7.22E+19	24.73%

Services	US\$	6.56E+07	5.60E+12	3.67E+20	
Emergy with services				1.05E+21	
WEAVING 11905	ton/yr	equivalent	1		
Energy inputs					
Electric energy	J	5.22E+13	2.03E+05	1.06E+19	3.63%
Water	g	6.61E+11	6.10E+04	4.03E+16	0.01%
Fuel (Diesel Oil)	J	1.77E+14	1.40E+05	2.48E+19	8.48%
Dyestuff (Indigo Vat Dye)	g	8.16E+07	2.14E+09	1.75E+17	0.06%
Chemicals	g	8.71E+08	2.14E+09	1.86E+18	0.64%
Construction and Equipment					
Building area	m <sup>2</sup>	8.48E+02	5.17E+15	4.38E+18	1.50%
Machine and Equipment	kg	8.47E+04	1.13E+13	9.57E+17	0.33%
Operation and Maintenance					
Operational Labors	J	2.29E+11	1.46E+07	3.34E+18	1.14%
Maintenance Labors	J	6.97E+10	1.46E+07	1.02E+18	0.35%
Emergy without services				1.19E+20	40.88%
Services	US\$	7.11E+07	5.60E+12	3.98E+20	
Emergy with services				1.57E+21	
APPAREL	350000 pants/yr	equivalent	46		
Energy inputs					
Electric energy	J	8.34E+13	2.03E+05	1.69E+19	5.80%
Water	g	4.75E+13	6.10E+04	2.90E+18	0.99%
Fuel (Diesel Oil)	J	5.59E+13	1.40E+05	7.82E+18	2.68%
Chemicals for Laundry	g	3.17E+08	2.14E+09	6.79E+17	0.23%
Stitching Thread	g	8.16E+07	4.00E+09	3.26E+17	0.11%
Pocket Lining	g	2.29E+07	1.88E+11	4.30E+18	1.47%
Button/Zipper/Rivets	g	5.08E+08	2.14E+09	1.09E+18	0.37%
Label (plastic - poliester made)	g	9.90E+06	4.00E+09	3.96E+16	0.01%
Tag (paper made)	g	2.00E+08	2.14E+09	4.28E+17	0.15%
Construction and Equipment					
Building area	m <sup>2</sup>	1.50E+03	5.17E+15	7.75E+18	2.65%
Machine and Equipment	kg	1.55E+05	1.13E+13	1.75E+18	0.60%
Operation and Maintenance					
Operational Labors	J	5.69E+12	1.46E+07	8.31E+19	28.46%
Maintenance Labors	J	7.76E+11	1.46E+07	1.13E+19	3.88%
Emergy without services				2.58E+20	88.29%
Services	US\$(2011)	7.58E+07	5.60E+12	4.25E+20	
Emergy with services				2.25E+21	
PANTS STORE	103483 pants/yr	equivalent	153		
Energy inputs					
Electric energy	J	4.80E+12	2.03E+05	9.74E+17	0.33%
Envelope (plastic - poliester made)	g	3.03E+08	4.00E+09	1.21E+18	0.41%
Cardboard Bag (paper made)	g	1.33E+09	2.14E+09	2.85E+18	0.97%
Construction and Equipment					
Building area	m <sup>2</sup>	9.52E+02	5.17E+15	4.92E+18	1.69%
Machine and Equipment	kg	2.71E+04	1.13E+13	3.06E+17	0.10%
Operation and Maintenance					
Operational Labors	J	1.48E+12	1.46E+07	2.16E+19	7.38%
Maintenance Labors	J	1.64E+11	1.46E+07	2.39E+18	0.82%
Emergy without services				2.92E+20	100.00%
Services	US\$(2011)	1.89E+08	5.60E+12		
Emergy with services				3.61E+21	
TRANSFORMITIES, calculated					
Total Yield without services	g	9.47E+09	3.08E+10	sel/g	
	pants	1.26E+07	2.32E+13	sel/pants	
	J	1.61E+14	1.81E+06	sel/J	
Total Yield with services	g	9.47E+09	3.81E+11	sel/g	
	pants	1.26E+07	2.87E+14	sel/pants	
	J	1.61E+14	2.24E+07	sel/J	

A análise da cadeia completa mostra que percentualmente as etapas que mais empregam recursos e energia são as confecções (47,41%) e a tecelagem (16,14%).

Na tecelagem, destacam-se as contribuições do diesel, com 8,46%, para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o tingimento do tecido de jeans, e a eletricidade, com 3,6%, para movimentar toda a planta. Já nas confecções, como esperado, destaca-se a contribuição da mão de obra, com uma participação no emprego dos recursos financeiros (28,46%), seguido da eletricidade (5,8%) e diesel (2,68%) para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o acabamento das calças e das edificações (2,65%). A pequena contribuição dos recursos renováveis (2,79%) e não renováveis (0,11%) reflete-se no valor dos indicadores (Tabela 18).

Tabela 18 - Indicadores em emergy para a cadeia de fornecimento das calças jeans

		Emergy	
F (Agriculture)		2.27E+19	7.78%
F (Cotton Gin)		3.27E+19	11.20%
F (Spinning)		6.38E+19	21.84%
F (Weaving)		1.11E+20	37.98%
F (Apparel)		2.49E+20	85.39%
F (Pants Store)		2.84E+20	97.10%
Renewable Resources (Agriculture)	R	8.15E+18	2.79%
Nonrenewable Resources (Agriculture)	N	3.10E+17	0.11%
Economy Resources (Total)	F	2.84E+20	97.10%
Yield (Y)	R+N+F	2.92E+20	100.00%
Indice			
Emergy Yield Ratio (EYR)	EYR	Y / F	2.02
Emergy Investment Ratio (EIR)	EIR	F / (N+R)	79.64
Environmental Loading Ratio (ELR)	ELR	(N+F) / R	83.03
Environmental Sustainability Index	ESI	EYR / ELR	0.02

## **5 CONCLUSÕES**

A análise da cadeia completa mostra que percentualmente as etapas que mais empregam recursos e energia são as confecções (47,41%) e a tecelagem (16,14%). Na tecelagem, destacam-se as contribuições do diesel (8,46%), para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o tingimento do tecido de jeans, e a eletricidade (3,6%), para movimentar toda a planta. Já nas confecções, como esperado, destaca-se a contribuição da mão de obra com uma participação no emprego dos recursos financeiros (28,46%), seguida da eletricidade (5,8%) e do diesel (2,68%), para aquecer as caldeiras e obter o vapor necessário para o acabamento das calças, e das edificações (2,65%). É pequena a contribuição dos recursos renováveis (2,79%) e não renováveis (0,11%).

Realizado o diagnóstico situacional do desempenho em energia de uma cadeia que foi estruturado a partir de tecnologias médias no segmento de produção da calça jeans no Brasil. Desde a etapa agricultura até o comércio das calças jeans.

## **6 PROPOSTA PARA FUTUROS ESTUDOS**

Criar ferramenta para auxiliar na avaliação dos valores de sustentabilidade ambiental com o uso de índice em energia, tais como energia, UEV, EYR, ELR e ESI para cada fase produtiva e, no produto final, a calça jeans. Em diferentes cenários de demanda de produção calça jeans por ano e mudanças de distância entre etapas fabris.

Essa ferramenta poderá ser uma plataforma para projetar as demandas anteriores, os recursos e os dados produtivos para cada etapa industrial, tendo como base o número de calças jeans a serem produzidas por ano e a distância a ser percorrida entre as unidades produtivas. Essa plataforma poderá ser uma planilha Excel, na qual poderão ser inseridos dados brutos de produção. Os cálculos na planilha podem resultar em simulações de índices da contabilidade em energia. Podem ser enfatizados itens com maior relevância no índice energia da calça jeans para identificar oportunidades de melhorias em produção mais limpa (P+L).

### **Cenário 01**

Distribuir igualmente a distância entre as unidades produtivas, com diferentes demandas produtivas de calça jeans por ano.

### **Cenário 02**

Analisar a evolução do índice de Energia, posicionando a maior distância em diferentes estágios produtivos.

## 7 REFERÊNCIAS

ACSP - Associação Comercial de São Paulo. Cotação do Dólar Janeiro 2011. [Internet]. São Paulo: ACSP; 2017 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://portal.acsp.com.br/assets/html/indicadores/indicadores\\_iegv/iegv\\_dolar.html](http://portal.acsp.com.br/assets/html/indicadores/indicadores_iegv/iegv_dolar.html).

Albuquerque UP, Medeiros PM, Almeida ALS, Monteiro JM, Freitas Lins Neto EM, Melo JG, et al. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology*. dezembro de 2007; v.114(3) p.325–354.

ALÓBRAS. Associação de Lojistas do Brás. [Internet]. São Paulo: AlóBras; 2017 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <https://alobras.org.br/>.

Araújo M. Manual de Engenharia Têxtil. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. 694 pages. ISBN: 9723102196.

Baydar G, Ciliz N, Mammadov A. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*. novembro de 2015;104:213–223.

Bice D. Using Stella models to explore the dynamics of Earth systems: experimenting with Earth's climate system using a simple computer model. *Journal of Geoscience Education*; 2001. v. 49. p. 170-181.

Blatt EF, Almeida CMVB. Emergy Analysis for Brazilian Cotton Agriculture. In: 6th UNIP/LaProMa Workshop Advances in Cleaner Production; 2017; São Paulo, SP. São Paulo: UNIP; 2017.

Blatt EF, Almeida CMVB. Study of Denim Jeans Pants Production Chain: Using Emergy. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente XIX Engema; 2017; São Paulo, SP. São Paulo: USP; 2017.

Bonilla S,H,, Guarnetti, R,L,, Almeida C,M,V,B,, & Giannetti B,F, (2010), Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labor, time and space, *Journal of Cleaner Production*. v.18 p.83-91.

Brandt-Williams SL. Folio 4: Emergy of Florida Agriculture, Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data of emergy computation issued in a series of folios. Center of Environmental Policy. University of Florida. Gainesville; 2002.

Brown MT, Arding J. Transformities Working Paper. Center for Wetlands. University of Florida, Gainesville; 1991.

Brown MT e Buranakarn. Emergy Indices and Ratios for Sustainable Materials Cycles and Recycles Options. *Resources, Conservation and Recycling*; 2003. v.38 p.1-22.

Brown MT, Ulgiati S. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling*. 2004 Oct; v.178(1–2) p.201–213.

Brown MT, Ulgiati S. Assessing the global environmental sources driving the geobiosphere: A revised emergy baseline. *Ecological Modelling*. 2016 Nov; v.339 p.126–132.

Bustamante G, Giannetti BF, Agostinho F, Almeida CMVB. (2016). Analysis of the polyethylene terephthalate production chain: An approach based on the emergy synthesis. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. v.488. p.798-804.

Carlman I, Grönlund E, Longueville A. Models and methods as support for sustainable decision-making with focus on legal operationalisation. *Ecological Modelling*. 2015; Jun;v.306 p.95–100.

Carvalho, Ferreira, Staut. Nutrição, calagem e adubação. In: FREIRE, E, C, (ed.), *O algodão no Cerrado do Brasil*. [Internet]. Brasília: ABRAPA; 2011. [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/BibliotecaInstitucional/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/Livro%20A%20Cadeia%20do%20Algodao%20-%20Abrapa.pdf>.

Cavalett O, Ortega E. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. maio de 2009. v.17(8) p.762–771.

CEPEA/ESALQ - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP. Cotação Algodão pluma 2011 - Indicador Cepea/Esalq. [Internet]. São Paulo: CEPEA-Esalq/USP; 2017 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/algodao/algodao-indicador-cepea-esalq-a-prazo/2011-01-03>.

Chen D, Liu Z, Luo Z, Webber M, Chen J. Bibliometric and visualized analysis of emergy research. *Ecological Engineering*. 2016 May; v.90 p.285–293.

Chen Y, Feng L, Wang J, Höök M. Emergy-based energy return on investment method for evaluating energy exploitation. *Energy*. 2017 Jun; v.128 p.540–549.

Chico D, Aldaya MM, Garrido A. A water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products. *Journal of Cleaner Production*. outubro de 2013. v57 p.238–248.

Cohen MJ, Brown MT, Shepherd KD. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006 Jun; v.114(2–4) p.249–269.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Metodologia de Cálculo de Custo de Produção da CONAB. [Internet]. CONAB: Brasília; 2006. [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Calendar of Brazilian Cotton plantation and harvest of CONAB - ISSN: 2318-6852 [Internet]. Brasília: CONAB; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_01\\_12\\_09\\_00\\_46\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf).

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Brito SS. Atlas Solarimétrico do Brasil. [Internet]. Rio de Janeiro: CRESESB; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br).

Cuadra M, Rydberg T. Emery evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. Ecological Modelling. 2006 Jul; v.196(3–4) p.421–433.

Depreciação - Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, (Retificado(a) no DOU de 13/04/2017, pág 53). Receita Fazenda. [Internet]. [citado 2017 ago. 10]. São Paulo: Receita Fezenda; 2017. <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=81268#1706802>

Diesel - Alfa Laval Aalborg. Diesel Fuel Inferior Heat Power (Energy). [Internet]. Rio de Janeiro: Alfa Laval Aalborg; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://www.aalborg-industries.com.br/downloads/poder-calorifico-inf.pdf>.

Dobereiner J, Urquiaga S, Boddey RM. Alternatives for nitrogen nutrition of crops in tropical agriculture. Fertilizer Research. 1995. v. 42 Issue (1–3) p. 339–346.

Engine Harvester - Farm Doc Illinois. Machinery Tractors. [Internet]. Illinois USA: the University of Illinois; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery\\_tractors.html](http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery_tractors.html).

Eryuruk SH. Greening of the textile and clothing industry. Fibres and Textile in Eastern Europe. 2012. v.95(6): p.22-27.

Etiopia. Consulate General of the Federal Democratic Republic of Ethiopia in China. Investment Project. [Internet]. Consulate General of the Federal Democratic Republic of Ethiopia in China: China; 2015. [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://www.ethiopiaemb.org.cn/invest\\_project\\_8.htm](http://www.ethiopiaemb.org.cn/invest_project_8.htm).

Faria L. O desempenho econômico, ambiental e social do Brasil: de 2012, sob a perspectiva dos planos do governo. [Tese de Doutorado]. [Internet]. [citado 2017 ago. 10]. São Paulo: UNIP; 2017. 132 f. Disponível em: [https://www2.unip.br/ensino/pos\\_graduacao/strictosensu/eng\\_producao/download/eng\\_lucianafaria.pdf](https://www2.unip.br/ensino/pos_graduacao/strictosensu/eng_producao/download/eng_lucianafaria.pdf)

Furlan AC, Scapinello C, Toral FLB, Faria HG de, Moreira I, Murakami AE, et al. Valor nutritivo e desempenho de coelhos alimentados com rações contendo milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003 Feb;v.32(1) p.123–131.

Garcia B. Reduced water washing of denim garments (Book Chapter). *Denim: Manufacture, Finishing and Applications*. 2015. p. 405-423.

Giannetti BF, Ogura Y, Bonilla SH, Almeida CMVB. Emergy accounting of a coffee production farm in the Brazilian savannah . *Anais da 6th Biennial Emergy Research Conference*. January 14-16th 2010. The University of Florida, Gainesville. Florida. USA.

Giannetti BF, Agostinho F, Moraes LC, Almeida CMVB, Ulgiati S. Multicriteria cost–benefit assessment of tannery production: The need for breakthrough process alternatives beyond conventional technology optimization. *Environmental Impact Assessment Review*. 2015 Sep; v.54 p.22–38.

Grönlund E, Fröling M, Carlman I. Donor values in emergy assessment of ecosystem services. *Ecological Modelling*. 2015 Jun; v.306 p.101–105.

Harvester - Farm Doc Illinois. Cotton Harvester liter consumption per hour. [Internet]. Illinois USA: the University of Illinois; 2008 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery\\_tractors.html](http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery_tractors.html)

Häyhä T, Franzese PP. Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective. *Ecological Modelling*. 2014 Oct; v.289 p.124–132.

Huang B, Zhao J, Geng Y, Tian Y, Jiang P. Energy-related GHG emissions of the textile industry in China. *Resources, Conservation and Recycling*. abril de 2017. v.119 p.69–77.

IEMI. Inteligência de Mercado. Brasil Têxtil 2016: relatório macroeconômico da Indústria Têxtil e Confeccionista. Inteligência de Mercado. [Internet]. IEMI: São Paulo; 2016. [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://www.iemi.com.br/>.

Lieder M, Rashid A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*. 2016 Mar; v.115 p.36–51.

Lin H-L, Li H-Y, Yang C-H. Agglomeration and productivity: Firm-level evidence from China's textile industry. *China Economic Review*. setembro de 2011. v.22(3) p.313–329.

Lou B, Ulgiati S. Identifying the environmental support and constraints to the Chinese economic growth—An application of the Emergy Accounting method. *Energy Policy*. 2013 Apr; v.55 p.217–233.

Morandi F, Campbell DE, Pulselli FM, Bastianoni S. Emergy evaluation of hierarchically nested systems: application to EU27, Italy and Tuscany and consequences for the meaning of emergy indicators. *Ecological Modelling*. 2015 Nov; v.315 p.12–27.

Nakajima ES, Ortega E. Exploring the sustainable horticulture productions systems using the emergy assessment to restore the regional sustainability. *Journal of Cleaner Production*. junho de 2015. v.96 p.531–538.

NEAD - Center for Environmental Policy. National Environmental Accounting Database. [Internet]. USA: University of Florida; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em:

<http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data.php?country=20&year=360#>

Nieminen E, Linke M, Tobler M, Beke BV. EU COST Action 628: life cycle assessment (LCA) of textile products, eco-efficiency and definition of best available technology (BAT) of textile processing. *Journal of Cleaner Production*. setembro de 2007. v.15(13–14) p.1259–1270.

Niinimäki K, Hassi L. Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing. *Journal of Cleaner Production*. [Internet]. maio de 2011 [citado 8 de novembro de 2017]; Disponível em:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652611001569>

Odum HT. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. United States: Wiley. 1996. 384 pages. ISBN-13: 978-0471114420.

Odum HT, Brown MT, Brandt-Williams SL. Folio #1: Introduction and global budget. *Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios*. Center for Environmental Policy. University of Florida. Gainesville. 2000.

Pholphirul P. Immigration, job vacancies, and employment dynamics: Evidence from Thai manufacturers. *Journal of Asian Economics*. fevereiro de 2013. v.24 p.1–16.

Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, et al. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*. 1995 Feb 24; v.267(5201) p.1117–1123.

Plastic of Harvester – Case IH. Case IH Cotton Pickers. [Internet]. USA: Case; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em:

<https://www.caseih.com/apac/en-int/products/harvesters/module-express-cotton-pickers>

Giannetti BF, Prevez L, Agostinho F, Almeida CMVB. Greening A Cuban Local Mango Supply Chain: Sustainability Options and Management Strategies. *Journal of Environmental Accounting and Management*. 2016. v.4 n.3 p.253-269.

Rubber MF299 - Massey Ferguson. Ficha Técnica Massey Ferguson Trator MF299. [Internet]. USA: Massey Ferguson; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/92049689/Ficha-Tecnica-Massey-Ferguson-MF299>

Rubber of Harvester - Yukoneq. Compare New Vehicle. [Internet]. USA: Yukoneq; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em:

[http://www.yukoneq.com/new\\_vehicle\\_compare.asp?veh1=212347&veh2=212347&CatDesc=](http://www.yukoneq.com/new_vehicle_compare.asp?veh1=212347&veh2=212347&CatDesc=)

Rydberg T, Jansén J. Comparison of horse and tractor traction using energy analysis. Ecological Engineering. 2002 Jul; v.19(1) p.13–28.

Severino LS. Cultivo do algodão irrigado. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão. Sistema de Produção. 3. Brasília. ISSN 1678-8710. [Internet] Julho 2014. [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_de\\_producaoalf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7717&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicId=7982](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_de_producaoalf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7717&p_r_p_-996514994_topicId=7982).

Steel MF299 Massey Ferguson. Ficha Técnica Massey Ferguson Trator MF299. [Internet]. USA: DocSlide; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://documents.tips/documents/ficha-tecnica-massey-ferguson-mf299.html>.

Steel of Harvester Case IH. Case IH Cotton Pickers. [Internet]. USA: Case IH; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [https://d3u1quraki94yp.cloudfront.net/caseih/APAC/APACASSETS/Brochure/Harvesters/CottonPickers\\_AP3201C\\_INB.pdf](https://d3u1quraki94yp.cloudfront.net/caseih/APAC/APACASSETS/Brochure/Harvesters/CottonPickers_AP3201C_INB.pdf).

Takahashi F, Ortega E. Assessing the sustainability of Brazilian oleaginous crops – possible raw material to produce biodiesel. Energy Policy. maio de 2010. v.38(5) p.2446–2454.

Tozammel Al. Feasibility analysis of a textile project – a case study of a yarn dyed woven textile.[Tese de Doutorado]. Department of Industrial and Production Engineering (IPE). Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET). Bangladesh; 2011.

Tractor - Farm Doc Illinois. Tractor liter consumption per hour. [Internet]. Illinois USA: the University of Illinois; 2008 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery\\_tractors.html](http://farmdoc.illinois.edu/manage/machinery/machinery_tractors.html).

Valco TD, Ashley H, Green JK, Findley DS, Price TL, Fannin JM e Isom RA. The Cost of Ginning Cotton – 2013 Survey Results, 2015 Proceedings of Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council, San Antonio, Texas, USA.

Vedrenne M, Vasquez-Medrano R, Prato-Garcia D, Frontana-Uribe BA, Hernandez-Esparza M, de Andrés JM. A ferrous oxalate mediated photo-Fenton system: Toward an increased biodegradability of indigo dyed wastewaters. Journal of Hazardous Materials. 2012 Dec; v.243 p.292–301.

Vendrametto LP. Contabilidade Ambiental dos Sistemas de Produção Agrícola e dos Serviços do Ecossistema do Cerrado de Lucas do Rio Verde – MT. [Tese de Doutorado]. [Internet]. São Paulo: UNIP; 2011. [citado 2017 ago. 10]; Disponível em: [http://www.unip.br/ensino/pos\\_graduacao/strictosensu/eng\\_producao/ss\\_eng\\_producao\\_teses2011.aspx](http://www.unip.br/ensino/pos_graduacao/strictosensu/eng_producao/ss_eng_producao_teses2011.aspx)

Wan Alwi SR, Manan ZA, Klemeš JJ, Huisingh D. Sustainability engineering for the future. *Journal of Cleaner Production*. 2014 May; v.71 p.1–10.

Weight Atomizer - Jacto. Condor 800. [Internet]. São Paulo: Jacto; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://www.jacto.com.br/pt/produto/detalhes/278/condor-800-am18-lancamento>.

Weight Harvester Case IH. Case IH Cotton Pickers. [Internet]. USA: Case IH; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <https://www.caseih.com/apac/en-int/products/harvesters/cotton-express-cotton-pickers>.

Weight Heavy Harrow Disk – Steel Baldan. Heavy Harrow Disk – Steel Baldan. [Internet]. São Paulo: Baldan; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://www.baldan.com.br/conteudo/gta-grade-aradora-pesada-de-arasto.html>.

Weight Planter and Fertilizer Deere. (2016). Planter and Fertilizer Deere. [Internet]. São Paulo: John Deere; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: [http://www.deere.com.br/pt\\_BR/docs/html/brochures/publication.html?id=42a7aa6d#8](http://www.deere.com.br/pt_BR/docs/html/brochures/publication.html?id=42a7aa6d#8)

Weight MF299 Massey Ferguson. Ficha Técnica Massey Ferguson Trator MF299. [Internet]. USA: DocSlide; 2016 [citado 2017 ago. 10]. Disponível em: <http://documents.tips/documents/ficha-tecnica-massey-ferguson-mf299.html>.

Wu C-C, Chang N-B. Evaluation of environmentally benign production program in the textile-dyeing industry (I): an input–output analysis. *Civil Engineering and Environmental Systems*. dezembro de 2007. v.24(4) p.275–298.

Yumkella KK. Feasibility study for a cotton spinning mill in 11 sub-Saharan African countries. A study undertaken by Gherzi on behalf of UNIDO. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Vienna, 2011.

## APÊNDICE A – Plantação de algodão – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em emergia de uma plantação de algodão que produz 3924 kilogramas por ano de algodão em pluma.

Table 19 - Compare Area / Yield / Production

Region/FU Harvest 2015/2016	AREA (Thousand ha)	YIELD (kg/ha)	Production (Thousand ton)
<b>North</b>	<b>7.90E+00</b>	<b>3.85E+03</b>	<b>3.04E+01</b>
TO	7.90E+00	3.85E+03	3.04E+01
<b>Northeast</b>	<b>2.76E+02</b>	<b>3.83E+03</b>	<b>1.06E+03</b>
MA	2.08E+01	4.03E+03	8.39E+01
PI	6.60E+00	3.64E+03	2.40E+01
CE	4.00E-01	7.50E+02	3.00E-01
RN	3.00E-01	4.00E+03	1.20E+00
PB	2.00E-01	1.00E+03	2.00E-01
PE	1.00E-01	1.00E+03	1.00E-01
AL	1.00E-01	0.00E+00	0.00E+00
BA	2.48E+02	3.83E+03	9.50E+02
<b>Midwest</b>	<b>6.48E+02</b>	<b>3.98E+03</b>	<b>2.58E+03</b>
MT	5.87E+02	3.94E+03	2.31E+03
MS	3.05E+01	4.50E+03	1.37E+02
GO	3.06E+01	4.07E+03	1.25E+02
<b>Southeast</b>	<b>2.35E+01</b>	<b>3.69E+03</b>	<b>8.67E+01</b>
MG	1.90E+01	3.73E+03	7.08E+01
SP	4.50E+00	3.53E+03	1.59E+01
<b>South</b>	<b>9.00E-01</b>	<b>2.22E+03</b>	<b>2.00E+00</b>
PR	9.00E-01	2.22E+03	2.00E+00
<b>north/northeast</b>	<b>2.84E+02</b>	<b>3.83E+03</b>	<b>1.09E+03</b>
<b>CENTER-South</b>	<b>6.72E+02</b>	<b>3.96E+03</b>	<b>2.66E+03</b>
<b>BRAZIL</b>	<b>9.57E+02</b>	<b>3.92E+03</b>	<b>3.75E+03</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Produtividade (Yield) (kg/ha)} &= \text{Produção (kg)} / \text{Area (ha)} \\
 &= (3,75\text{E}+03 \text{ ton} * (1000 \text{ ton/kg})) / (9,57\text{E}+02 \text{ ha}) \\
 &= 3,92\text{E}+03 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$

Produtividade Média da agricultura do algodão brasileira = 3,92E+03 kg/ha

Melhor produtividade brasileira = MS (Mato Grosso do Sul) = 4,50E+03 kg/ha

Pior produtividade brasileira = CE (Ceará) = 7,50E+02 kg/ha

Table 20 - Production cotton agriculture participation per Brazilian region

Region/FU	Production Participation %	Solar Radiation 1.41E+13 J / ha,yr	Wind Weighted Mean 5.06E+08 J / ha,yr	Rain Precipitation 755 mm <sup>3</sup> / mm <sup>2</sup>
<b>North</b>				
TO	0.81%	1.48E+13	8.48E+08	685
<b>Northeast</b>				
MA	2.23%	1.48E+13	3.81E+08	685
PI	0.64%	1.47E+13	7.23E+08	507
CE	0.01%	1.73E+13	5.56E+08	581
RN	0.03%	1.86E+13	1.20E+09	282
PB	0.01%	2.15E+13	1.52E+09	387
PE	0.00%	2.69E+13	1.77E+09	455
AL	0.00%	1.36E+13	8.21E+08	464
BA	25.29%	2.13E+13	1.15E+09	1065
<b>Midwest</b>				
MT	61.64%	1.07E+13	1.71E+08	646
MS	3.66%	1.73E+13	8.67E+08	724
GO	3.32%	1.56E+13	8.72E+08	724
<b>Southeast</b>				
MG	1.89%	1.86E+13	8.57E+08	569
SP	0.42%	1.84E+13	2.42E+09	437
<b>South</b>				
PR	0.05%	1.93E+13	1.48E+09	488

Maior produtor brasileiro = MT (Mato Grosso) = 61,64%

Precipitação de chuva 646 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>

Irradiação solar 1,07E+13 J/ha.ano (a menor)

Segundo produtor brasileiro = (BA (Bahia) = 25,29%

Precipitação de chuva 1065 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> (a maior).

Irradiação solar 2,13E+13 J/ha.ano (a maior)

Escassez de precipitação de chuva = RN (Rio Grande do Norte) = 0,03% de participação na produção brasileira com 282 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> de precipitação de chuva.

Table 21 - Global Position of main cotton plantation spots in Brazil

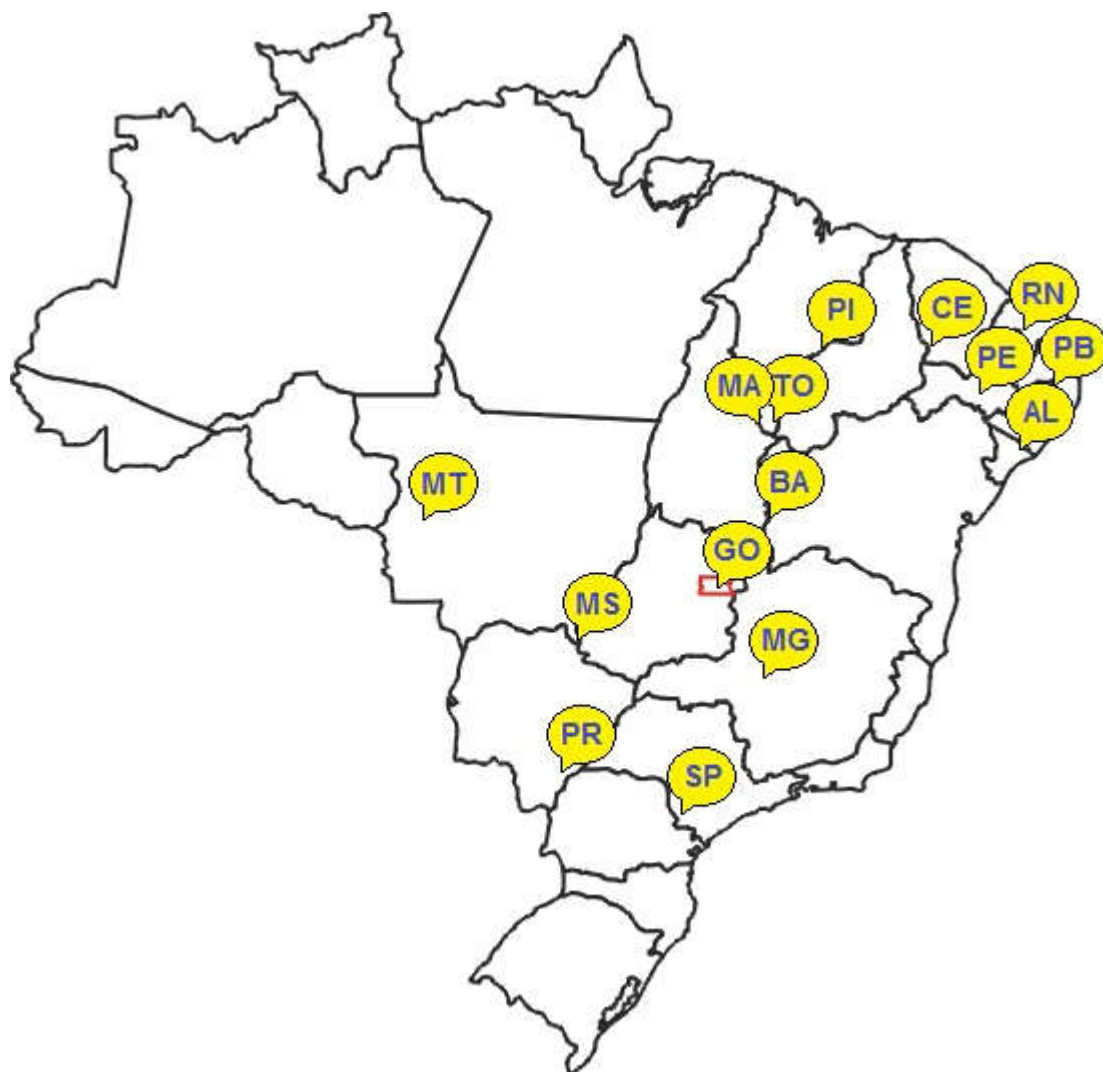
Region/FU	Production	Particip,%	Global Position				Altitude	
	Particip, Thousand ton		Latitude DDMMSS	Longitude DDMMSS	Latitude DD.ddddd	Longitude DD.ddddd	Elevation	
							525	
							meters	
North								
TO	30.4	0.81%	10°15'37.19"	45°37'44.34"	-	10.2603305	-45.6289833	639
Northeast								
MA	83.9	2.23%	8°51'51.86"	46°23'47.61"	-	-8.8644055	-46.3965583	551
PI	24.0	0.64%	8°11'44.51"	45°18'09,19"	-	-8.1956972	-45.3025527	406
CE	0.3	0.01%	6°18'19.31"	39°20'12.58"	-	-6.3053638	-39.3368277	439
RN	1.2	0.03%	5°23'43.25"	36°44'32.70"	-	-5.3953472	-36.7424166	129
PB	0.2	0.01%	6°47'21.96"	35°48'42.55"	-	-6.7894333	-35.8118194	302
PE	0.1	0.00%	7°50'33.79"	35°43'53.61"	-	-7.8427194	-35.7315583	380
AL	0.0	0.00%	9°21'57.21"	36°50'24.53"	-	-9.3658916	-36.8401472	378
BA	949.5	25.29%	12°57'09.18"	46°05'05.50"	-	12.9525499	-46.0848611	628
Midwest								
MT	2,314.1	61.64%	13°24'20.42"	58°03'38.93"	-	13.4056722	-58.0608138	450
MS	137.3	3.66%	18°44'04.51"	52°43'26.96"	-	18.7345861	-52.7241555	607
GO	124.5	3.32%	16°03'56.82"	47°28'45.59"	-	16.0657833	-47.4793305	822
Southeast								
MG	70.8	1.89%	18°17'39.83"	44°36'56.62"	-	18.2943972	-44.6157277	874
SP	15.9	0.42%	23°31'24.46"	49°16'00.20"	-	23.5234611	-49.2667222	633
South								
PR	2.0	0.05%	22°43'37.99"	53°10'22.48"	-	22.7272194	-53.1729111	276
3,754.2		100%						

Altitude de MT (Mato Grosso) = 450 m

Altitude da BA (Bahia) = 628 m

Altitude média = 525 m

Figura 12 / Tabela 22 – Estação metereológica mais próxima;



Region	Nearest Station	State	Latitude	Longitude
TO	Alto Parnaíba	MA	-9.1	-45.929
MA	Alto Parnaíba	MA	-9.1	-45.929
PI	Balsas	MA	-7.5	-45.035
CE	Iguatu	CE	-6.3	-39.298
RN	Angicos	RN	-5.6	-36.601
PB	Campina Grande	PB	-7.2	-35.895
PE	Surubim	PE	-7.8	-35.757
AL	Palmeira dos Índios	AL	-9.4	-36.627
BA	Taguatinga	TO	-12.4	-46.436
MT	Utiariti/Campo Novo Parecis	MT	-13.0	-58.285
MS	Mineiros	GO	-17.5	-52.551
GO	Brasília	DF	-15.7	-47.929
MG	Curvelo	MG	-18.7	-44.430
SP	Itapeva	SP	-23.9	-48.875
PR	Ivinhema	MS	-22.2	-53.815

## Cronograma de plantio e colheita

Desenvolvido por (Severino, 2014), de acordo com o risco de clima organizado por zoneamento das unidades federativas brasileiras, resulta em modelagem climática e informação relacionada às áreas de cultivo. A CONAB companhia nacional de abastecimento (CONAB, 2016). Com parceria do Ministério da Agricultura e Abastecimento, foi desenvolvido estudo sobre as demandas mínimas de cada cultura por zoneamento, além de estudo das séries climáticas dos últimos 15 anos e cronograma de plantio e colheita para cada região brasileira. O produto final é publicado no Diário Oficial brasileiro e no site do Ministério da Agricultura.

Table 23 - (P) Plantation and (H) Harvest seasons per localization (Brazilian Cotton Agriculture Calendar)

Region/FU	22/09 to 21/12			21/12 to 20/03			20/03 to 21/06			21/06 to 22/09		
	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	Oct/31 days	Nov/30 days	Dec/31 days	Jan/31 days	Feb/28 days	Mar/31 days	Apr/30 days	May/31 days	Jun/30 days	Jul/31 days	Ago/30 days	Sep/31 days
<b>North</b>												
TO			P	P	P					H	H	
<b>Northeast</b>												
MA			P	P	P					H	H	H
PI			P	P	P					H	H	H
CE				P	P	P				H	H	
RN	H			P	P	P				H	H	H
PB	H				P	P	P	P		H	H	H
PE	H	H			P	P	P	P	P	H	H	H
AL	H						P	P	P			H
BA		P	P	P	P			H	H	H	H	H
<b>Midwest</b>												
MT			P	P						H	H	H
MS		P	P	P			H	H		H	H	
GO		P	P	P						H	H	H
<b>Southeast</b>												
MG		P	P	P			H	H	H	H	H	
SP	P	P	P		H	H	H	H	H	H		
<b>South</b>												
PR	P	P	P			H	H	H				

## Detalhando a contabilidade em Energia da agricultura do algodão

Table 24 - Sun – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Insolation	1.41E+13	J/ha*yr	(CRESESB, 2016) - Table 20
Albedo	22%		for Gramineae (Bice, 2001)
			= (Insolation) * (1 - Albedo)
			= (1.41E+13 J/ha*yr) * (1 - 0.22)
Annual solar energy	1.10E+13	J/ha*yr	
Solar Energy Transformity	1.00E+00	seJ/J	(Odum, 1996, p. 294)
Emergy of solar energy			= (Annual solar energy) * (Solar Energy Transformity)
			= (1.10E+13 J/ha*yr) * (1 seJ/J)
Emergy of solar energy	<b>1.10E+13</b>	seJ/ha*yr	
Unit Solar Emergy for Service	5.60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (Emergy of solar energy) / (Unit Solar Emergy for Service)
			= (1.10E+13 seJ/ha*yr) / (5.60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1.96E+00</b>	US\$ (2011)/yr	
Albedo = Percentage of diffusely reflected sunlight in relation to various surface conditions.			
Mean Solar Irradiation (kWh/m <sup>2</sup> ).day			
Convert to hectares	(kWh/m <sup>2</sup> )/(10000m <sup>2</sup> /ha) = (10000 kWh/ha.day)		
Convert to Joules	1kWh/m <sup>2</sup> .dia = 3.6x10 <sup>10</sup> J/ha.day		

Table 25 - Solar irradiation per cotton production region

				Convert Factor 3,6x10 <sup>10</sup> J/ha.day	
	Months	days/m,	kWh/m <sup>2</sup>	3,60E+10	3,6x10 <sup>10</sup> J/ha.month
TO	Total				<b>1,48E+13</b>
	Dec	31	4,50	1,62E+11	5,02E+12
	Jan	31	4,83	1,74E+11	5,39E+12
	Feb	28	4,31	1,55E+11	4,34E+12
MA	Total				<b>1,48E+13</b>
	Dec	31	4,50	1,62E+11	5,02E+12
	Jan	31	4,83	1,74E+11	5,39E+12
	Feb	28	4,31	1,55E+11	4,34E+12
PI	Total				<b>1,47E+13</b>
	Dec	31	4,78	1,72E+11	5,33E+12
	Jan	31	4,58	1,65E+11	5,11E+12
	Feb	28	4,19	1,51E+11	4,22E+12
CE	Total				<b>1,73E+13</b>
	Jan	31	5,33	1,92E+11	5,95E+12
	Feb	28	5,39	1,94E+11	5,43E+12
	Mar	31	5,31	1,91E+11	5,93E+12
RN	Total				<b>1,86E+13</b>
	Jan	31	5,80	2,09E+11	6,47E+12
	Feb	28	5,87	2,11E+11	5,92E+12
	Mar	31	5,54	1,99E+11	6,18E+12
PB	Total				<b>2,15E+13</b>
	Feb	28	5,39	1,94E+11	5,43E+12
	Mar	31	5,31	1,91E+11	5,93E+12
	Apr	30	4,83	1,74E+11	5,22E+12
	May	31	4,42	1,59E+11	4,93E+12
PE	Total				<b>2,69E+13</b>
	Feb	28	5,53	1,99E+11	5,57E+12
	Mar	31	5,50	1,98E+11	6,14E+12
	Apr	30	4,89	1,76E+11	5,28E+12
	May	31	4,81	1,73E+11	5,37E+12
	Jun	30	4,17	1,50E+11	4,50E+12
AL	Total				<b>1,36E+13</b>
	Apr	30	4,67	1,68E+11	5,04E+12
	May	31	4,11	1,48E+11	4,59E+12
	Jun	30	3,64	1,31E+11	3,93E+12

BA	Total				<b>2,13E+13</b>
	Nov	30	4,97	1,79E+11	5,37E+12
	Dec	31	5,08	1,83E+11	5,67E+12
	Jan	31	4,94	1,78E+11	5,51E+12
	Feb	28	4,67	1,68E+11	4,71E+12
MT	Total				<b>1,07E+13</b>
	Dec	31	5,00	1,80E+11	5,58E+12
	Jan	31	4,56	1,64E+11	5,09E+12
MS	Total				<b>1,73E+13</b>
	Nov	30	4,97	1,79E+11	5,37E+12
	Dec	31	5,83	2,10E+11	6,51E+12
	Jan	31	4,89	1,76E+11	5,46E+12
GO	Total				<b>1,56E+13</b>
	Nov	30	4,75	1,71E+11	5,13E+12
	Dec	31	4,72	1,70E+11	5,27E+12
	Jan	31	4,67	1,68E+11	5,21E+12
MG	Total				<b>1,86E+13</b>
	Nov	30	5,44	1,96E+11	5,88E+12
	Dec	31	5,22	1,88E+11	5,83E+12
	Jan	31	6,16	2,22E+11	6,87E+12
SP	Total				<b>1,84E+13</b>
	Oct	31	5,36	1,93E+11	5,98E+12
	Nov	30	5,75	2,07E+11	6,21E+12
	Dec	31	5,56	2,00E+11	6,20E+12
PR	Total				<b>1,93E+13</b>
	Oct	31	5,61	2,02E+11	6,26E+12
	Nov	30	6,06	2,18E+11	6,54E+12
	Dec	31	5,83	2,10E+11	6,51E+12

---

Table 26 - Wind – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Wind Kinetics Energy	5,06E+08	J/ha*yr	(CRESESB, 2016) - Table 20
Transformity of Wind Kinetics Energy	2,52E+03	seJ/J	(Odum, 1996, p, 309)
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
			= (Transformity of Wind Kinetics Energy * Corrected by Baseline Factor)
			= (2,52E+03 seJ/J) * (1,27E+00)
Corrected Transformity of Wind Kinetics Energy	3,20E+03	seJ/J	
EMERGY of Wind Kinetics Energy			= (Wind Kinetics Energy * Transformity of Wind Kinetics Energy)
			= (5,06E+08 J/ha*yr) * (3,20E+03 seJ/J)
EMERGY of Wind Kinetics Energy	<b>1,62E+12</b>	seJ/ha*yr	
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Wind Kinetics Energy / Unit Solar Emery for Service)
			= (1,62E+12 seJ/ha*yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,89E-01</b>	US\$ (2011)/yr	

Formula conversion from Wind Power Density to J/ha.day

Wind Power Density (WPD)

$$WPD = w/m^2$$

$$WPD = ((kg.m^2)/s^3)/m^2$$

$$WPD = kg/s^3$$

Watt

$$w = (kg.m^2)/s^3$$

Joule

$$J = (kg.m^2)/s^2$$

$$J = (kg/s^3).(s^3.m^2)$$

$$J = WPD.(s^3.m^2)$$

Convert Seconds to day

$$1 \text{ day} = 60 \text{ sec} * 60 \text{ min} * 24 \text{ h}$$

$$1 \text{ day} = 86400 \text{ sec}$$

Convert m<sup>2</sup> to hectare

$$1 \text{ hectare} = 10000 \text{ m}^2$$

(J/ha).day

$$WPD * 10000 * 86400$$

$$WPD * 8,64E04$$

Table 27 - Wind power density per cotton production region

	Months	days/month	WPD w/m <sup>2</sup>	8,64E+04 8,64x10 <sup>04</sup> J/ha.day	J/ha.month
TO	Total				<b>8,48E+08</b>
	Dec	31	109	9,42E+06	2,92E+08
	Jan	31	109	9,42E+06	2,92E+08
	Feb	28	109	9,42E+06	2,64E+08
MA	Total				<b>3,81E+08</b>
	Dec	31	49	4,23E+06	1,31E+08
	Jan	31	49	4,23E+06	1,31E+08
	Feb	28	49	4,23E+06	1,19E+08
PI	Total				<b>7,23E+08</b>
	Dec	31	93	8,04E+06	2,49E+08
	Jan	31	93	8,04E+06	2,49E+08
	Feb	28	93	8,04E+06	2,25E+08
CE	Total				<b>5,56E+08</b>
	Jan	31	88	7,60E+06	2,36E+08
	Feb	28	88	7,60E+06	2,13E+08
	Mar	31	40	3,46E+06	1,07E+08
RN	Total				<b>1,20E+09</b>
	Jan	31	188	1,62E+07	5,04E+08
	Feb	28	188	1,62E+07	4,55E+08
	Mar	31	91	7,86E+06	2,44E+08
PB	Total				<b>1,52E+09</b>
	Feb	28	165	1,43E+07	3,99E+08
	Mar	31	141	1,22E+07	3,78E+08
	Apr	30	141	1,22E+07	3,65E+08
	May	31	141	1,22E+07	3,78E+08
PE	Total				<b>1,77E+09</b>
	Feb	28	152	1,31E+07	3,68E+08
	Mar	31	129	1,11E+07	3,46E+08
	Apr	30	129	1,11E+07	3,34E+08
	May	31	129	1,11E+07	3,46E+08
	Jun	30	146	1,26E+07	3,78E+08
AL	Total				<b>8,21E+08</b>
	Apr	30	114	9,85E+06	2,95E+08
	May	31	114	9,85E+06	3,05E+08
	Jun	30	85	7,34E+06	2,20E+08
BA	Total				<b>1,15E+09</b>
	Nov	30	214	1,85E+07	5,55E+08

	Dec	31	77	6,65E+06	2,06E+08
	Jan	31	77	6,65E+06	2,06E+08
	Feb	28	77	6,65E+06	1,86E+08
MT	Total				<b>1,71E+08</b>
	Dec	31	32	2,76E+06	8,57E+07
	Jan	31	32	2,76E+06	8,57E+07
MS	Total				<b>8,67E+08</b>
	Nov	30	163	1,41E+07	4,22E+08
	Dec	31	83	7,17E+06	2,22E+08
	Jan	31	83	7,17E+06	2,22E+08
GO	Total				<b>8,72E+08</b>
	Nov	30	173	1,49E+07	4,48E+08
	Dec	31	79	6,83E+06	2,12E+08
	Jan	31	79	6,83E+06	2,12E+08
MG	Total				<b>8,57E+08</b>
	Nov	30	159	1,37E+07	4,12E+08
	Dec	31	83	7,17E+06	2,22E+08
	Jan	31	83	7,17E+06	2,22E+08
SP	Total				<b>2,42E+09</b>
	Oct	31	399	3,45E+07	1,07E+09
	Nov	30	399	3,45E+07	1,03E+09
	Dec	31	117	1,01E+07	3,13E+08
PR	Total				<b>1,48E+09</b>
	Oct	31	223	1,93E+07	5,97E+08
	Nov	30	223	1,93E+07	5,78E+08
	Dec	31	113	9,76E+06	3,03E+08

---

Table 28 - Rain – Geo Potential Energy – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Weighted Mean Elevation	5,25E+02	m	(CRESESB, 2016) - Table 21
Rain Precipitation	7,55E+02	mm/yr	(CRESESB, 2016) - Table 20
Runoff Ratio	1,0%		
			= (Rain Precipitation * Runoff Ratio)
			= (7,55E+02 mm/year * 0,01)
Runoff = ratio % of rain precipitation	7,55E+00	mm	
Convert mm into m	1,00E-03	m/mm	
Runoff	7,55E-03	m/yr	
Water Density	1,00E+03	kg/m <sup>3</sup>	
Area 1ha	1,00E+04	m <sup>2</sup>	
Gravity Aceleration at sea level	9,81E+00	m/s <sup>2</sup>	
Transformity of Rain GeoPotential Energy	1,76E+04	seJ/J	(Odum, 1996, p. 309)
			= (Transformity of Rain GeoPotential Energy * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,76E+04 seJ/J) * (1,27E+00)
Correct,Transformity RainGeoPotential Energy	2,24E+04	seJ/J	
GeoPotential Energy of Rain			= (Weighted Mean Elevation * Area 1ha * Runoff * Water Density * Gravity Acceleration)
			= (5,25E+02 m) * (1,00E+04 m <sup>2</sup> ) * (7,55E-03 m/yr) * (1,00E+03 kg/m <sup>3</sup> ) * (9,81E+00 m/s <sup>2</sup> )
	3,89E+08	J/ha.yr	
EMERGY of GeoPotential Energy of Rain			= (GeoPotential Energy of Rain * Correct,Transformity RainGeoPotential Energy)
			= (3,89E+08 J/ha.yr) * (2,24E+04 seJ/J)
	<b>8,70E+12</b>	seJ/ha yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of GeoPotential Energy of Rain * Unit Solar Emergy for Service)
			= (8,70E+12 seJ/ha.yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,55E+00</b>	US\$ (2011)/yr	

Runoff = If 7% of the rain falling onto pervious surfaces on this site

Would be a stormwater run-off, the remaining 93% of the rainfall would be absorbed into the soil.

Table 29 - Rain Chemical Energy – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Gibbs free energy	4,94E+00	J/g	(Odum, 1996 p.295)
Water Density	1,00E+03	kg/m <sup>3</sup>	
Gibbs free energy	4,94E+06	J/m <sup>3</sup>	
Rain Precipitation	7,55E+02	mm/yr	(CRESESB, 2016) - Table 20
Convert mm into m	1,00E-03	m/mm	
Rain Precipitation	7,55E-01	m/yr	
Area 1ha	1,00E+04	m <sup>2</sup>	
Transformity of Rain Chemical Energy	3,06E+04	seJ/J	(Odum, 1996)
	= (Transformity of Rain Chemical Energy * Corrected by Baseline Factor)		
	= (3,06E+04 seJ/J) * (1,27E+00)		
Correct,Transformity RainChemical Energy	3,89E+04	seJ/J	
Rain Chemical Energy	= (Area 1ha * Rain Precipitation * Gibbs free energy)		
	= (1,00E+04 m <sup>2</sup> ) * (7,55E-01 m/yr) * (4,94E+06 J/m <sup>3</sup> )		
Rain Chemical Energy	3,73E+10	J/ha.yr	
EMERGY of Rain Chemical Energy	= (Rain Chemical Energy * Correct,Transformity RainChemical Energy)		
	= (3,73E+10 J/ha yr) * (3,89E+04 seJ/J)		
EMERGY of Rain Chemical Energy	<b>1,45E+15</b>	J/ha.yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value	= (EMERGY of Rain Chemical Energy / Unit Solar Emergy for Service)		
	= (1,45E+15 J/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))		
Em\$ Value	<b>2,59E+02</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 30 - Rain precipitation per cotton production region

Brazilian State	Months	days/month	Precipitation mm <sup>3</sup> / mm <sup>2</sup>
TO	Total		<b>685</b>
	Dec	31	227
	Jan	31	260
	Feb	28	198
MA	Total		<b>685</b>
	Dec	31	227
	Jan	31	260
	Feb	28	198
PI	Total		<b>507</b>
	Dec	31	178
	Jan	31	172
	Feb	28	157

CE	Total		<b>581</b>
	Jan	31	152
	Feb	28	175
	Mar	31	254
RN	Total		<b>282</b>
	Jan	31	56
	Feb	28	85
	Mar	31	141
PB	Total		<b>387</b>
	Feb	28	48
	Mar	31	92
	Apr	30	142
	May	31	105
PE	Total		<b>455</b>
	Feb	28	44
	Mar	31	95
	Apr	30	109
	May	31	96
	Jun	30	111
AL	Total		<b>464</b>
	Apr	30	102
	May	31	164
	Jun	30	198
BA	Total		<b>1065</b>
	Nov	30	220
	Dec	31	296
	Jan	31	306
	Feb	28	243
MT	Total		<b>646</b>
	Dec	31	302
	Jan	31	344
MS	Total		<b>724</b>
	Nov	30	203
	Dec	31	216
	Jan	31	305
GO	Total		<b>724</b>
	Nov	30	231
	Dec	31	246
	Jan	31	247

MG	Total		<b>569</b>
	Nov	30	180
	Dec	31	222
	Jan	31	167
SP	Total		<b>437</b>
	Oct	31	115
	Nov	30	135
	Dec	31	187
PR	Total		<b>488</b>
	Oct	31	171
	Nov	30	134
	Dec	31	183

Rain precipitation per month, during cotton plantation season per Brazilian State,

Table 31 - Net Topsoil Loss – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Topsoil loss rate for direct cotton plantation	1,30E+00	ton/ha-yr	(Pimentel et al., 1995)
Convert 1 ton into grams	1,00E+06	g/ton	
	1,30E+06	g/ha.yr	
Percentage of organic matter for Cerrado Soil	2,00E-02		
Area, ha	1,00E+00	Ha	
Convert 1 Kcal into Joules	4,19E+03	J/kcal	
Organic Energy content per gram of soil	5,40E+00	kcal/g	(Odum, 1996)
Transformity for Topsoil loss	7,38E+04	seJ/J	(Odum, 1996, p, 310)
			= (Transformity for Topsoil loss * Corrected by Baseline Factor)
			= (7,38E+04 seJ/J) * (1,27E+00)
Correct,Transformity	9,38E+04	seJ/J	
NetTopsoilLossEnergy			
Net Organic Topsoil Loss			= (Topsoil loss rate for direct cotton plantation * Area, ha)
			= (1,30E+06 g/ha yr) * (1 ha)
	1,30E+06	g/yr	
			= (Topsoil loss rate for direct cotton plantation *
Energy of Net loss			Percentage of organic matter for Cerrado Soil * Organic
			Energy content per gram of soil * Convert 1 kcal into
			Joules)
			(1,30E+06 g/yr) * (0,02) * (5,4 kcal/g) * (4,19E+03 J/kcal)
	5,88E+08	J/ha-yr	
EMERGY of Net Topsoil Loss			= (Energy of Net loss * Correct,Transformity
			NetTopsoilLossEnergy)
			= (5,88E+08 J/ha yr) * (9,38E+04 seJ/J)
	<b>5,51E+13</b>	seJ/ha yr	

Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Net Topsoil Loss / Unit Solar Emergy for Service)	
Em\$ Value		= (5,51E+13 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
	<b>9,85E+00</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 32 - Millet Seeds – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
kg of Millet Seeds per hectare	1,50E+01	kg/ha-yr	(Carvalho et al., 2011)
kcal per 1kg of Millet Seeds	3,41E+03	kcal/kg	(Furlan et al., 2003)
Convert 1 kcal into Joules	4,19E+03	J/kcal	
		= (kcal per 1kg of Millet Seeds * Convert 1 kcal into Joules)	
		= (3,41E+03 kcal/kg) * (4,19E+03 J/kcal)	
Joules per 1kg of Millet Seeds	1,43E+07	J/kg	
		= (Joules per 1kg of Millet Seeds * kg of Millet Seeds per hectare)	
		= (1,43E+07 J/kg) * (1,50E+01 kg/ha yr)	
Joules per ha of Millet Seeds	<b>2,14E+08</b>	J/ha yr	
Transformity for Millet Seeds	1,13E+05	seJ/J	(Cohen et al., 2006)
		= (Transformity for Millet Seeds * Corrected by Baseline Factor)	
		= (1,13E+05 seJ/J * 1,27E+00)	
Corrected Transformity	<b>1,44E+05</b>	seJ/J	
EMERGY of Millet Seeds Energy		= (Joules per ha of Millet Seeds * Transformity for Millet Seeds)	
		= (2,14E+08 J/ha yr) * (1,13E+05 seJ/J)	
	<b>2,42E+13</b>	seJ/ha yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Millet Seeds Energy / Unit Solar Emergy for Service)	
		= (2,42E+13 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>4,32E+00</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 33 - Cotton Seeds – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
kg of Cotton Seeds per hectare	1,50E+01	kg/ha.yr	(Carvalho et al., 2011)
kcal per 1kg of Cotton Seeds	4,20E+03	kcal/kg	(Albuquerque et al., 2007)
Convert 1 kcal into Joules	4,19E+03	J/kcal	
		= (kcal per 1kg of Cotton Seeds * Convert 1 kcal into Joules)	
		= (4,20E+03 kcal/kg) * (4,19E+03 J/kcal)	
Joules per 1kg of Cotton Seeds	1,76E+07	J/kg	
		= (Joules per 1kg of Cotton Seeds * kg of Cotton Seeds per hectare)	
		= (1,76E+07 J/kg) * (1,50E+01 kg/ha yr)	
Joules per ha of Cotton Seeds	<b>2,64E+08</b>	J/ha-yr	
Transformity for Cotton Seeds	3,72E+05	seJ/J	(Cohen et al., 2006)
		= (Transformity for Cotton Seeds * Corrected by Baseline Factor)	
		= (3,72E+05 seJ/J * 1,27E+00)	
Corrected Transformity	<b>4,73E+05</b>	seJ/J	
EMERGY of Cotton Seeds Energy		= (Joules per ha of Cotton Seeds * Transformity for Cotton Seeds)	
		= (2,64E+08 J/ha yr) * (3,72E+05 seJ/J)	
	<b>9,81E+13</b>	seJ/ha yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Cotton Seeds Energy / Unit Solar Emergy for Service)	
		= (9,81E+13 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>1,75E+01</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 34 - Machine – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Machines demand during plantation			
Soil preparation	2,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Plantation + Base fertilization	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Pulverization	3,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Covering fertilization	5,00E-01	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Total Machines demand per plantation	6,50E+00	h/tr	Total of hours of machines demands per plantation season,
Machines demand during harvesting			
Mechanical harvest	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Destroy the soil clod	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Total Machine hours demand per harvesting	2,00E+00	h/tr	Total of hours of machines demands per harvesting season,

Transformity			
Plastic	3,15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)
Steel	1,48E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)
Rubber	4,30E+09	seJ/g	(Brown e Arding, 1991)

$$\begin{aligned} \text{Mach, Emery} &= [( \text{Emery/Unit plastic} * \text{correct factor} * \text{plastic mass} ) \\ &+ ( \text{Emery/Unit steel} * \text{correct factor} * \text{steel mass} ) + \\ &+ ( \text{Emery/Unit rubber} * \text{correct factor} * \text{rubber mass} )] \\ \text{Total Emery} &= \text{Machine Emery} * (\text{machine hours/cycle} / \text{Useful Life}) \end{aligned}$$

	Tractor	Planter & Fertilizer	Atomizer	Harvester	Harrow Disk
Emery (seJ/ha)	1,54E+16	1,60E+16	1,47E+15	3,46E+16	5,44E+15
Useful Life (h)	1,20E+04	1,20E+03	2,00E+03	5,00E+03	2,50E+03
Machines demand during plantation (h/tr)					
Soil preparation (h/tr)	2,00E+00	2,56E+12			4,35E+12 6,91E+12
Plantation + Base fertilization (h/tr)	1,00E+00	1,28E+12	4,01E+13		4,14E+13
Pulverization (h/tr)	3,00E+00	3,84E+12	2,20E+12		6,05E+12
Covering fertilization (h/tr)	5,00E-01	6,40E+11	6,68E+12		7,32E+12
Total Machines demand per plantation (h/tr)	6,50E+00				
Machines demand during harvesting (h/tr)					
Mechanical harvest (h/tr)	1,00E+00			6,92E+12	6,92E+12
Destroy the soil clod (h/tr)	1,00E+00	1,28E+12			2,18E+12 3,46E+12
Total Machine hours demand per harvesting (h/tr)	2,00E+00				
	9,60E+12	4,68E+13	2,20E+12	6,92E+12	6,53E+12 <b>7,20E+13</b>

Emery of Agricultural Machines	<b>7,20E+13</b>	seJ/ha-yr
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011) (Faria, 2017)
Em\$ Value	(Emery of Agricultural Machines / Unit Solar Emery for Service) (7,20E+13 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>1,29E+01</b>	US\$ (2011)/yr

Useful Life	1,20E+04	h	(Conab, 2006)
Emergy	1,54E+16	seJ/ha	
Weight	7,04E+06	g	(Weight MF299, 2016)
Plastic	2,82E+05	g	(Weight MF299, 2016)
Steel	6,34E+06	g	(Steel MF299, 2016)
Rubber	4,22E+05	g	(Rubber MF299, 2016)
Planter and Fertilizer			
Useful Life	1,20E+03	h	(Conab, 2006)
Emergy	1,60E+16	seJ/ha	
Weight	7,35E+06	g	(Weight Planter and Fertilizer, 2016)
Plastic	2,94E+05	g	Planter 2115 coupled to tractor
Steel	6,62E+06	g	
Rubber	4,41E+05	g	
Atomizer			
Useful Life	2,00E+03	h	(Conab, 2006)
Emergy	1,47E+15	seJ/ha	
Weight	6,10E+05	g	(Weight Atomizer, 2016)
Plastic	4,88E+04	g	
Steel	5,00E+05	g	
Rubber	6,10E+04	g	
Harvester			
Useful Life	5,00E+03	h	(Conab, 2006)
Emergy	3,46E+16	seJ/ha	
Weight	1,59E+07	g	(Weight Harvester, 2016)
Plastic	6,34E+05	g	(Plastic of Harvesters, 2016)
Steel	1,43E+07	g	(Steel of Harvesters, 2016)
Rubber	9,51E+05	g	(Rubber of Harvester, 2016)
			(Engine Harvester, 2016)
			Engine with 275 hp = Consumption 12 gallons/hour
Heavy Harrow Disk			
Useful Life	2,50E+03	h	(Conab, 2006)
Emergy	5,44E+15	seJ/ha	
Steel	2,89E+06	g	(Weight Harrow Disk, 2016)

Table 35 - Fuel – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Diesel Fuel Inferior Heat Power (Energy)	3,61E+07	J/l	(Diesel, 2016)
Tractor 125hp (hours per hectare)	7,50E+00	h/ha	(Carvalho et al., 2011)
Tractor liter consumption per hour	5,50E+00	gal/h	(Tractor, 2008)
Convert factor gallon per litro	3,79E+00	gal/l	
	2,08E+01	l/ha	
Cotton Harvester 375hp (hours per hectare)	1,00E+00	h/ha	(Carvalho et al., 2011)
Cotton Harvester liter consumption per hour	1,64E+01	gal/h	(Harvester, 2008)
Convert factor gallon per litro	3,79E+00	gal/l	
	6,21E+01	l/ha	
Machines Diesel Fuel Consumption	8,29E+01	l/ha	
Energy in Joules per ha of Fuel	<b>2,99E+09</b>	J/ha yr	
Transformity for Fuel	6,60E+04	seJ/J	(Odum, 1996, p, 308)
			= (Transformity for Fuel * Corrected by Baseline Factor)
			= (6,60E+04 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Fuel	<b>8,39E+04</b>	seJ/J	
EMERGY of Fuel Energy			= (Energy in Joules per ha of Fuel * Transformity for Fuel)
			= (2,99E+09 J/ha yr) * (8,39E+04 seJ/J)
	<b>2,51E+14</b>	seJ/ha year	
Unit Solar Energy for Service	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Fuel Energy / Unit Solar Energy for Service)
			= (2,51E+14 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>4,48E+01</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 36 - NITROGEN – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Grams of Nitrogen per hectare	<b>2,31E+05</b>	g/ha-yr	(Carvalho et al., 2011)
Transformity of Nitrogen	6,62E+09	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)
			= (Transformity of Nitrogen * Corrected by Baseline Factor)
			= (6,62E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity	<b>8,42E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Nitrogen			= (Grams of Nitrogen per hectare * Transformity of Nitrogen)
			= (2,31E+05 g/ha yr) * (6,62E+09 seJ/g)
	<b>1,53E+15</b>	seJ/ha yr	
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Nitrogen / Unit Solar Emery for Service)
			= (1,53E+15 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,73E+02</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 37 - PHOSPHATE – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Grams of Phosphate per hectare	<b>6,72E+04</b>	g/ha year	(Carvalho et al., 2011)
Transformity of Phosphate	9,35E+09	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)
			= (Transformity of Phosphate * Corrected by Baseline Factor)
			= (9,35E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity	<b>1,19E+10</b>	seJ/g	
EMERGY of Phosphate			= (Grams of Phosphate per hectare * Transformity of Phosphate)
			= (6,72E+04 g/ha yr) * (9,35E+09 seJ/g)
	<b>6,28E+14</b>	seJ/ha year	
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Phosphate / Unit Solar Emery for Service)
			= (6,28E+14 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,12E+02</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 38 - POTASH – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Grams of Potash per hectare	<b>2,03E+05</b>	g/ha year	(Carvalho et al., 2011)
Transformity of Potash	9,32E+08	seJ/g	(Cuadra e Rydberg, 2006)
		= (Transformity of Potash * Corrected by Baseline Factor)	
		= (9,32E+08 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected by Baseline Factor	<b>1,18E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Potash		= (Grams of Potash per hectare * Transformity of Potash)	
		= (2,03E+05 g/ha year) * (2,03E+05 seJ/g)	
	<b>1,89E+14</b>	seJ/ha-yr	
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Potash / Unit Solar Emery for Service)	
		= (1,89E+14 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>3,38E+01</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 39 - LIMESTONE (Calcium Carbonate -CaCO<sub>3</sub>) – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
g per ha of Limestone	<b>1,39E+05</b>	g/ha-yr	(Carvalho et al., 2011)
Transformity Lime (calcium carbonate CaCO <sub>3</sub> )	1,68E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)
		= (Transformity Lime (calcium carbonate CaCO <sub>3</sub> ) * Corrected by Baseline Factor)	
		= (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity	<b>2,14E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of limestone Energy		= (g per ha of Limestone * Transformity Lime (calcium carbonate CaCO <sub>3</sub> ))	
		= (1,39E+05 g/ha yr) * (1,68E+09 seJ/g)	
	<b>2,34E+14</b>	seJ/ha year	
Unit Solar Emery for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of limestone Energy) / (Unit Solar Emery for Service)	
		= (2,34E+14 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>4,18E+01</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 40 - Pesticides, Fungicides, and Herbicides – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
g per ha of Pesticides	5,90E+03	g/ha.yr	(Severino, 2014)
Transformity Pesticides	1,48E+10	seJ/g	(Brown e Arding, 1991)
			= (Transformity Pesticides * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,48E+10 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Pesticides	1,88E+10	seJ/g	
EMERGY of Pesticides Energy			= (g per ha of Pesticides * Transformity Pesticides)
			= (5,90E+03 g/ha yr) * (1,88E+10 seJ/g)
	<b>1,11E+14</b>	seJ/ha yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Pesticides Energy / Unit Solar Emergy for Service)
			= (1,11E+14 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,98E+01</b>	US\$ (2011)/yr	

Table 41 - LABOR – Unit Person

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Days per year	3,65E+02	day/yr	
Working days per year	2,85E+02	day/yr without holidays	Days per year without weekends and holidays
Working days per month	= ( Working days per year / 12 months per year ) = ( 2,85E+02 day/yr wo holydays / 12 mounths per year )		
Working days per month	2,38E+01	day/month	
Workers demand per hectare during plantation			
Weighted mean of months to plantation	2,64E+00	Month	
Quant, Days of Brazilian cotton plantation	= (Working days per month * Weighted mean of months to plantation ) = ( 2,38E+01 day/month * 2,64E+00 month )		
	6,26E+01	day/plantation	
Labor working hour	8,00E+00	h/day	
Tractor Drivers demands during plantation			
Soil preparation	2,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Plantation + Base fertilization	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Pulverization	3,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Covering fertilization	5,00E-01	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Total Tractor Drivers demand per plantation	6,50E+00	h/tr	Total of hours of tractor drivers demands per plantation season,
Total Tractor Drivers demand per day	= Total Tractor Drivers demand per plantation / ( Quant, Days of Brazilian cotton plantation * Labor working hour )  = 6,50E+00 h/tr / ( 6,26E+01 day/plantation * 8,00E+00 h/day )		
	1,30E-02	person/ha	Tractor drivers demand in hours per hectare day during cotton plantation season,
Tractor Drivers demands during harvesting			
Mechanical harvest	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Destroy the soil clod	1,00E+00	h/tr	(Carvalho et al., 2011)
Total Drivers hour demand per harvesting	2,00E+00	h/tr	Total of hours of tractor drivers demands per harvesting season,
Weighted mean of months to harvesting	4,27E+00	Month	

Quant, Days of Brazilian cotton harvesting		= (Working days per month * Weighted mean of months to harvesting)	
		= ( 2,38E+01 day/month * 4,27E+00 month )	
	1,01E+02	day/harvesting	
Total Tractor Drivers demand per day		= Total Drivers hour demand per harvesting / ( Total Tractor Drivers demand per day * Labor working hour )	
		= 2,00E+00 h/tr / ( 1,01E+02 day/harvesting * 8,00E+00 h/day )	
	2,47E-03	person/ha	Tractor drivers demand hour per hectare day during cotton harvesting season,
Total Workers demand per hectare		= ( Total Tractor Drivers demand per day + Total Tractor Drivers demand per day )	
		= ( 1,30E-02 person/ha + 2,47E-03 person/ha )	
	1,54E-02	person/ha	
Total solar emergy use in Brazil, 2008	5,50E+24	seJ/yr	(NEAD, 2016)
Total Population of Brazil in 2008	2,00E+08	Person	(NEAD, 2016)
Solar emergy per person-year, 2008		= ( Total solar emergy use in Brazil, 2008 / Total Population of Brazil in 2008 )	
		= (5,50E+24 seJ/yr / 2,00E+08 person )	
	2,75E+16	seJ/yr/person	
		= (Solar emergy per person-year, 2008 * Corrected by Baseline Factor)	
		= (2,75E+16 seJ/yr/person * 1,27E+00)	
	3,50E+16	seJ/yr/person	
Solar emergy persons at ha/yr		= ( Solar emergy per person-year, 2008 * Total Workers demand per hectare )	
		= ( 2,75E+16 seJ/yr/person * 1,54E-02 person/ha )	
	4,25E+14	seJ/ha/yr	
Unit Solar Emergy for Service	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= ( Solar emergy persons at ha/yr / Unit Solar Emergy for Service )	
		= (4,25E+14 seJ/ha/yr / 5,60E+12 seJ/US\$ (2011) )	
Em\$ Value	7,58E+01	US\$ (2011)/yr	

---

Table 42 - SERVICES – Unit US\$ (2011)

Description	Value	Unit	Source:
R\$ per ha yr of Service	3,62E+03	R\$ (2011)/ha yr	(Severino, 2014)
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(ACSP, 2011)
		= (R\$ per ha yr of Service / Exchange Rate US\$ 2011 )	
		= (3617,88 R\$ (2011)/ha yr / 1,675 R\$/US\$ (Jan 2011) )	
US\$ per ha yr of Service	2,16E+03	US\$ (2011)/ha yr	
Production per hectare	3,92E+03	Kg	
US\$ per kg	5,50E-01	US\$ (2011)/kg	
Unit Solar Emergy for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
		= (US\$ per ha yr of Service * Unit Solar Emergy for Service)	
		= (2,16E+03 US\$ (2011)/ha yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>1,21E+16</b>	seJ/ha yr	
		= (EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emergy for Service)	
		= (1,21E+16 seJ/ha yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>2,16E+03</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) mostra que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011 houve a demanda de 5,60E+12 seJ. O cultivo de algodão em análise produziu, em um ano, 3,92E+03 kg/ha.ano. O valor de mercado pago à produção de um hectare de algodão em pluma produzida nesse cultivo em 2011 foi de 5,50E-01 US\$(2011)/kg. O faturamento anual dessa fiação será de 3,92E+03 \* 5,50E-01 = 2,16E+03 US\$(2011)/ano faturamento por hectare. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 2,16E+03 \* 5,60E+12 = 1,21E+16 seJ/ha por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergia do Serviço (1,21E+16 seJ/ha ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011), com o resultado igual a 2,16E+03 US\$(2011)/ano.

## APÊNDICE B – Dados brutos das etapas de cotonifício, fiação, tecelagem, confecção e comércio.

Cotonifício - A demanda de recursos prevista é mostrada na Tabela 43 e a relação de máquinas e equipamentos requeridos, na Tabela 44. A Tabela 45 mostra a quantidade de mão de obra necessária para a operação e manutenção do cotonifício. O termo manutenção empregado neste trabalho refere-se à limpeza predial.

Tabela 43 - Demanda de eletricidade, água e combustível por ano do cotonifício

Descrição	Quantidade	Unidade
<b>Eletricidade</b>	1408995	kWh
<b>Combustível (Diesel)</b>	76800	l
<b>Água</b>	50000	m <sup>3</sup>

Tabela 44 - Relação de máquinas e equipamentos - cotonifício

S/N	Description	Brand	Origin	U/M	Qty	Weight (kg)	
						Unit	set
	<b>Total</b>						<b>1,47E+05</b>
1	Separator	Muray	USA	Set	1	5,00E+03	5,00E+03
2	Dryer	Muray	USA	pcs	2	5,00E+03	1,00E+04
3	Cleaning machine	Muray	USA	pcs	3	5,00E+03	1,50E+04
4	Master extractor	Muray	USA	pcs	2	5,00E+03	1,00E+04
5	Distributor	Muray	USA	pcs	2	5,00E+03	1,00E+04
6	Feeders	Bajaj	India	pcs	34	4,00E+02	1,36E+04
7	Bajaj Double Roller ginning stands	Bajaj	India	pcs	34	4,00E+02	1,36E+04
8	Lint cleaners	Muray	USA	pcs	2	4,50E+03	9,00E+03
9	Hot gas generator	Muray	USA	pcs	1	1,00E+04	1,00E+04
10	Seed handling equipment	Muray	USA	pcs	2	4,00E+03	8,00E+03
11	Condenser	Muray	USA	pcs	2	2,00E+03	4,00E+03
12	Pressing and baling equipment,	Muray	USA	pcs	2	5,00E+03	1,00E+04
13	Steam Generation unit 0,2 ton/hr	Loose	Germany	pcs	1	1,50E+04	1,50E+04

14	Air conditioning	Luwa	Switzerland	set	1	5,00E+02	5,00E+02
15	Compressor GA 50	Atlascopco	Belgium	pcs	3	1,00E+03	3,00E+03
16	Fire Figting plant	Iveco	Italy	Set	1	2,00E+03	2,00E+03
17	Electric power plant	Siemens	Germany	set	1	2,00E+03	2,00E+03
18	Stand by Electric power Generator	Caterpillar	USA	pcs	1	3,00E+03	3,00E+03
19	Mechanical Workshop		Italy	set	1	1,50E+03	1,50E+03
20	Electrical and Electronic workshop	Siemens	Italy	set	1	2,00E+03	2,00E+03

Tabela 45 - Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – cotonifício

Description	Qty	Maintenance	Operation
Total	77	25	52
Factory Manager	1	0	1
Secretary	1	0	1
Production and Tech Manager	1	0	1
Production supervisor	4	0	4
Mechanical maintenance supervisor	1	1	0
Electrical Supervisor	1	1	0
Machine Operators	30	0	30
Mechanic	6	6	0
Electrician	5	5	0
Quality and Laboratory manager	1	0	1
Process testers	3	0	3
Marketing Manager	1	0	1
Administration and Finance manager	1	0	1
Accountant	1	0	1
Clerks	1	0	1
Cashier	1	0	1
Purchasers	1	0	1
Store Keepers	2	0	2
Guard	7	7	0
Messenger and cleaner	1	1	0
Driver	3	0	3
Cleaner	4	4	0

Fiação: a Tabela 46 mostra a demanda prevista para o consumo de eletricidade, combustível e água. A área fabril necessária é mostrada na Tabela 47, e a relação de máquinas e equipamentos, na Tabela 48. A Tabela 49 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta.

Tabela 46 - Demanda de eletricidade, água e combustível por ano da fiação

Descrição	Quantidade	Unidade
Eletricidade	10666667	kWh
Combustível (Diesel)	384000	l
Água	16000	m <sup>3</sup>

Source: Etiopia, 2015

Tabela 47 - Fiação convencional com capacidade produtiva de 8000 toneladas por ano

Descrição	Quantidade	Unidade
Área do terreno da fiação	30000	m <sup>2</sup>
Área construída da fiação	10000	m <sup>2</sup>

Tabela 48 - Relação de máquinas e equipamentos – fiação

S/N	Description	Brand	Origin	U/M	Qty	Weight (kg)	
						Unit	set
	<b>Total</b>						<b>1,66E+06</b>
1	Blow room Equipments	Trutzchler	Germany	Set	1	1,00E+04	1,00E+04
2	High speed card	Reiter	Switzerland	pcs	8	5,00E+03	4,00E+04
3	High speed Draw Frame Breaker	Reiter	Switzerland	pcs	3	5,00E+03	1,50E+04
4	High speed Draw Frame Finisher	Reiter	Switzerland	pcs	3	5,00E+03	1,50E+04
5	Roving Frame	Sussean	Switzerland	pcs	4	5,00E+04	2,00E+05
6	Ring Frame 1000 spindle	Reiter	Switzerland	pcs	13	5,00E+04	6,50E+05
7	Auto Conner 100spd	Murata	Japan	pcs	7	1,00E+04	7,00E+04
8	Doublers 120spd	Murata	Japan	pcs	2	1,20E+04	2,40E+04
9	Twisters 160spd	Murata	Japan	pcs	2	1,00E+04	2,00E+04
10	Lap former	Reiter	Switzerland	pcs	2	4,00E+03	8,00E+03
11	Comber	Reiter	Switzerland	pcs	4	2,00E+04	8,00E+04
12	Open end rotor spinning 500 spd	Orlicon	Germany	pcs	3	1,00E+05	3,00E+05
13	Reeling	Toyoda	Japan	pcs	10	1,50E+04	1,50E+05
14	Cotton weighing machine		Japan	pcs	2	5,00E+03	1,00E+04
15	Spinning Laboratory equipment	Uster	Switzerland	Set	1	3,00E+03	3,00E+03
16	Steam Generation unit 1 ton/hr	Loose	Germany	pcs	1	3,00E+04	3,00E+04
17	Air conditioning	Luwa	Switzerland	set	1	3,00E+03	3,00E+03

18	Compressor GA 50	Atlascopco	Belgium	pcs	3	3,00E+03	9,00E+03
19	Water treatment	Spirox	Germany	set	1	1,00E+04	1,00E+04
20	Fire Fighting plant	Iveco	Italy	Set	1	2,00E+03	2,00E+03
21	Electric power plant	Siemens	Germany	set	1	2,00E+03	2,00E+03
22	Stand by Electric power Generator	Caterpillar	USA	pcs	2	3,00E+03	6,00E+03
23	Mechanical Workshop		Italy	Set	1	3,00E+03	3,00E+03
24	Electric and Electronic workshop		Italy	set	1	2,00E+03	2,00E+03

Tabela 49 - Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – fiação

Description	Qty	Maintenance	Operation
<b>Total</b>	<b>267</b>	<b>60</b>	<b>207</b>
Factory Manager	1	0	1
Secretary	1	0	1
Production and Tech Manager	1	0	1
Production Head	1	0	1
Maintenance head	1	1	0
Shift Leader	4	0	4
Production supervisor	4	0	4
Mechanical maintenance supervisor	1	1	0
Electrical Supervisor	1	1	0
Machine Operators	171	0	171
Mechanic	10	10	0
Electrician	5	5	0
Doffing gangs	14	14	0
Quality and Laboratory manager	1	0	1
Process testers	6	0	6
Marketing Manager	1	0	1
Administration and Finance manager	1	0	1
Accountant	3	0	3
Clerks	3	0	3
Cashier	1	0	1
Purchasers	1	0	1
Store Keepers	4	0	4
Guard	7	7	0
Messenger and cleaner	1	1	0
Driver	3	0	3

Cleaner	20	20	0
---------	----	----	---

Tecelagem: as Tabelas 50 e 51 mostram detalhes do tecido prodizado e da construção das calças. A relação entre máquinas e equipamentos e seus consumos é demonstrada na Tabela 52. A Tabela 53 mostra a área construída para abrigar a unidade fabril, e a Tabela 54 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta.

Tabela 50 - Detalhes do tecido jeans – tecelagem

Denim Fabric				
<b>Material</b>	100%	CO		CO = Cotton
<b>Style</b>	3/1 Twill			Denim fabric pattern
<b>Weight</b>	10	Oz	Oz / yd <sup>2</sup>	Once per square yard
<b>Factor to Convert 1 Oz / yd<sup>2</sup></b>	3.39E+01	g/m <sup>2</sup>		Grams per square meter
<b>Weight per m<sup>2</sup></b>	3.39E+02	g/m <sup>2</sup>		Light denim fabric
<b>Weight (g) per fabric width (m)</b>	5.51E+02	g/ fabric width (m)		
<b>Use</b>	Garment			
<b>Color</b>	Indigo			
<b>Pattern</b>	Warp Yarn Dyed			
<b>Technics</b>	Woven			Warps and Wefts
<b>Warp Yarn Type</b>	Combed			Spinning process
<b>Weft Yarn Type</b>	Combed			Spinning process
<b>Fabric Finished Width</b>	64"	Inch		
	1.63E+02	Cm		
	1.63E+00	M		
<b>Fabric Density (Warp * Weft)</b>	8.00E+01	Warp Threads per inch (Ends per inch)		
	4.60E+01	Weft Threads per inch (Picks per inch)		
	3.15E+01	Warp Threads per cm		
	1.81E+01	Weft Threads per cm		
<b>Yarns Count Ne (Warp)</b>	1.20E+01	(Warp) Ne (840 yards length per pound)		
<b>Yarns Count Ne (Weft)</b>	1.00E+01	(Weft) Ne (840 yards length per pound)		
<b>Formula to Convert Ne into Tex</b>		= 590.54 / Ne		
<b>Yarns Count Tex (Warp)</b>	4.92E+01	(Warp = Ends) Tex (g/1000m)		
<b>Yarns Count Tex (Weft)</b>	5.91E+01	(Weft = Picks) Tex (g/1000m)		
<b>Warp count * Weft count / Ends per inch * Picks per inch</b>				
	12 Ne * 10 Ne / 80 * 46			Ne = English Number
<b>Warp Yarn participation per m<sup>2</sup></b>		= (Warp Threads per cm * convert cm into m)		
		= (3.15E+01 Warp Threads per cm) * (100 cm)		
	3.15E+03	M		
		= (Warp Yarn participation per m <sup>2</sup> * Yarns Count Tex (Warp) ) / 1000		
		= (3.15E+03 m) * (4.92E+01 (Warp = Ends) Tex (g/1000m)) / 1000		
	1.55E+02	g Warp / m <sup>2</sup>		
		= (Warp Yarn participation per m <sup>2</sup> / Weight)		
		= (1.55E+02 g Warp / m <sup>2</sup> ) / (3.39E+02 g/m <sup>2</sup> )		
	45.7%	Warp yarn % participation at the denim fabric construction		
<b>Warp Yarn participation per linear meter</b>		= (g Warp / m <sup>2</sup> * Fabric Finished Width)		
		= (1.55E+02 g Warp / m <sup>2</sup> ) * (1.63E+00 m)		
	2.52E+02	g Warp / linear meter		

Tabela 51 - Detalhes de construção do tecido denim – dados de produção – tecelagem

Production Data					
<b>Unfixed Indigo Dye</b>	20%		(Lu, Liu, & Chen Jihua, 2010)		
<b>Unfixes Auxiliares Chemicals</b>	50%		(Vedrenne, Vasquez-Mendranova, Prato-Garcia, Frontana-Uribec, Hernandez-Esparza, & Andrés, 2012)		
<b>Airjet Weaving Mech. Speed</b>	860	Rpm			
<b>Reed Space at Airjet loom</b>	178	Cm			
<b>Fabric Weight per linear meter</b>		= (Weight * Fabric Finished Width)			
		= (3.39E+02 g/m <sup>2</sup> ) * (1.63E+00 m)			
	5.51E+02	g/m (linear)			
	5.51E-01	kg/m (linear)			
<b>Weaving Mach.Production(m/yr)</b>	2.40E+05	m/yr			
<b>Formula Convert m into kg</b>		= (Weaving Mach.Production(m/yr) * Weight (g) per fabric width (m) )			
		= (2.40E+05 m/yr) * (5.51E+02 g/ fabric width (m))			
<b>Weaving Mach.Production(g/yr)</b>	1.32E+08	g / yr / weaving machine			
<b>Quantity of Weaving Machines</b>	9.00E+01	unit			
<b>Total Denim Production</b>	1.19E+10	g denim fabric/yr / 90 weaving machines less % production waste			
<b>Warp Yarn Production / Yr Mach</b>		= (Weaving Mach.Production(g/yr) * Warp yarn % participation at the denim fabric construction)			

Tabela 52 - Detalhes das máquinas e equipamentos – tecelagem

Facility	S/N	Description	Brand	Origin	U/M	Qty	Steel Weight (kg)		Water (l/yr)		Electricity (kWh/yr)		Diesel (l/yr)	
							unit	set	unit	set	unit	set	unit	set
		<b>Total</b>						<b>8.47E+05</b>		<b>6.61E+08</b>		<b>1.45E+07</b>		<b>4.80E+06</b>
<b>Warping</b>														
	1	Cone to cone re-winder	Karl Mayer	Switzerland	pcs	100	1.00E+02	1.00E+04			2.88E+03	2.88E+05		
	2	Creels	Karl Mayer	Switzerland	pcs	560	1.00E+01	5.60E+03						
	3	Warping Machine Unit	Come Ilato	Brazil	pcs	2	5.00E+03	1.00E+04			1.92E+05	3.84E+05		
<b>Dyeing and Sizing</b>														
	4	Warp Yarn Dyeing Plant	Karl Mayer	Switzerland	Set	1	1.00E+05	1.00E+05	1.19E+08	1.19E+08	1.92E+06	1.92E+06		
	5	Cooking kitchen Sizing storage tank	Karl Mayer	Switzerland	pcs	1	1.20E+03	1.20E+03	5.95E+06	5.95E+06	4.80E+03	4.80E+03		
	6	Sizing Machine Unit	Karl Mayer	Switzerland	Set	1	5.00E+04	5.00E+04	1.19E+08	1.19E+08	3.84E+05	3.84E+05		
<b>Drawing In</b>														
	7	Drawing In Unit	Come Ilato	Brazil	Set	1	3.00E+03	3.00E+03						
	8	Hydraulic Beam Lifters	Genkinger	Germany	pcs	1	1.00E+03	1.00E+03			4.80E+03	4.80E+03		
<b>Weaving</b>														
	9	Airjet Weaving Machine	Toyoda	Japan	pcs	90	3.50E+03	3.15E+05			1.68E+04	1.51E+06		
	10	Electric Industrial Chiller	McQuay	USA	pcs	1	1.00E+04	1.00E+04	5.95E+07	5.95E+07	9.41E+05	9.41E+05		
	11	Knot Tying Machine	Staubli	Switzerland	pcs	1	1.00E+02	1.00E+02			4.80E+02	4.80E+02		
	12	Overhead Traveling Cleaners	Electrojet	Spain	pcs	11	2.00E+02	2.20E+03			2.16E+04	2.38E+05		
<b>Desizing and Finishing</b>														

Tabela 53 - Edificações – tecelagem

Building Description	Area	
	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>2,12E+04</b>	<b>2,28E+05</b>
Warp and Weft Yarn Store	9,29E+02	1,00E+04
Warping/Dyeing and Sizing	7,48E+03	8,05E+04
Drawing in / Weaving	5,95E+03	6,41E+04
Desizing and Finishing	9,29E+02	1,00E+04
Quality Control and Packing	8,36E+01	9,00E+02
Finished Cloth Store	9,29E+02	1,00E+04
Water and Waste Water Treatm,	1,09E+03	1,17E+04
Water Treatment		
Sand Filter		
Ion Exchange Softner		
Waste Water Treatment		
Equalization Tank		
Aeration Tank		
Sludge Filter		
Parking	9,29E+02	1,00E+04
Vehicle parking		
Unloading		
Turn-about		
Transit	2,32E+03	2,50E+04
Internal roads		
Drainage		
Pipe & Cable Laying		
Air Conditioner Facility	1,95E+02	2,10E+03
Boiler Shed/Steam	2,79E+02	3,00E+03
Electric Chiller Shed	8,13E+01	8,75E+02

Tabela 54 - Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – tecelagem

Sector	Description	Qty	Maintenance	Operation
	<b>Total</b>	<b>223</b>	<b>52</b>	<b>171</b>
<b>General</b>				
	Factory Manager	1	0	1
	Secretary	1	0	1
	Production and Tech Manager	1	0	1
	Maintenance head	1	1	0
	Mechanical maintenance supervisor	4	4	0
	Electrical Supervisor	4	4	0
	Mechanic	10	10	0
	Electrician	5	5	0
	Quality and Laboratory	6	0	6
	Process testers	6	0	6
	Marketing Manager	1	0	1
	Administration and Finance manager	1	0	1
	Accountant	3	0	3
	Clerks	3	0	3
	Cashier	1	0	1
	Purchasers	1	0	1
	Guard	7	7	0
	Messenger and cleaner	1	1	0
	Driver	3	0	3
	Cleaner	20	20	0
<b>Storage</b>				
	Store Keepers	4	0	4
<b>Warping</b>				
	Production Head	1	0	1
	Shift Leader	3	0	3
	Machine Operators	6	0	6
<b>Dyeing/Sizing</b>				
	Production Head	1	0	1
	Shift Leader	3	0	3
	Machine Operators	12	0	12
<b>Weaving</b>				
	Production Head	1	0	1
	Shift Leader	3	0	3
	Machine Operators	90	0	90
<b>Finishing/Inspection</b>				

	Production Head	1	0	1
	Shift Leader	3	0	3
	Machine Operators	9	0	9
Water Treatment				
	Shift Leader	3	0	3
	Machine Operators	3	0	3

Confecção: a Tabela 55 mostra os detalhes para a produção da calça, e a Tabela 56, os dados de produção. O consumo de linha de costura para a construção de uma calça jeans é mostrado na Tabela 57, e a área construída para abrigar a unidade fabril é mostrada na Tabela 58. A relação de máquinas e equipamentos é mostrada na Tabela 59. A Tabela 60 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção da planta.

Tabela 55 - Detalhes da calça jeans – confecção

Type	Basic 5 pockets Denim Pants				
Men's five pockets Jeans					
Weight per pant		7,50E+02	g		
Pants produced per year		3,50E+05	pants/yr		
14,4%	Total Wastes	4,43E+07	g		
10,0%	Cutting				
3,0%	Stitching				
1,0%	Laundry				
Cotton fabric demand					
Production + Waste		3,07E+08	g		
Material		100%	CO		CO = Cotton
Style		3/1 Twill			Denim fabric pattern
Fabric Weight		10	Oz	Oz / yd <sup>2</sup>	Once per square yard
Factor to Convert 1 Oz / yd <sup>2</sup>		3,39E+01	g/m <sup>2</sup>		Grams per square meter
Weight per m <sup>2</sup>		3,39E+02	g/m <sup>2</sup>		Light denim fabric
Weight (g) per fabric width (m)		5,51E+02	g/ fabric width (m)		
Use		Garment			
Color		Indigo			
Pattern		Warp Yarn Dyed			
Technics		Woven			Warps and Wefts
Warp Yarn Type		Combed			Spinning process
Weft Yarn Type		Combed			Spinning process
Fabric Finished Width		64"	Inch		
		1,63E+02	cm		

	1,63E+00	m
Fabric Density (Warp * Weft)	8,00E+01	Warp Threads per inch (Ends per inch)
	4,60E+01	Weft Threads per inch (Picks per inch)
	3,15E+01	Warp Threads per cm
	1,81E+01	Weft Threads per cm
Yarns Count Ne (Warp)	1,20E+01	(Warp) Ne (840 yards length per pound)
Yarns Count Ne (Weft)	1,00E+01	(Weft) Ne (840 yards length per pound)
Formula to Convert Ne into Tex		= 590,54 / Ne
Yarns Count Tex (Warp)	4,92E+01	(Warp = Ends) Tex (g/1000m)
Yarns Count Tex (Weft)	5,91E+01	(Weft = Picks) Tex (g/1000m)
Warp count * Weft count / Ends per inch * Picks per inch		
12 Ne * 10 Ne / 80 * 46		Ne = English Number
Warp Yarn participation per m <sup>2</sup>		= (Warp Threads per cm * convert cm into m)
		= (3,15E+01 Warp Threads per cm) * (100 cm)
	3,15E+03	m
		= (Warp Yarn participation per m <sup>2</sup> * Yarns Count Tex (Warp) ) / 1000
		= (3,15E+03 m) * (4,92E+01 (Warp = Ends) Tex (g/1000m)) / 1000
	1,55E+02	g Warp / m <sup>2</sup>
		= (Warp Yarn participation per m <sup>2</sup> / Fabric Weight)
		= (1,55E+02 g Warp / m <sup>2</sup> ) / (3,39E+02 g/m <sup>2</sup> )
	45,7%	Warp yarn % participation at the denim fabric construction
Warp Yarn participation per linear meter		= (g Warp / m <sup>2</sup> * Fabric Finished Width)
		= (1,55E+02 g Warp / m <sup>2</sup> ) * (1,63E+00 m)
	2,52E+02	g Warp / linear meter
Fabric Washing Shrinkage	3% x 3%	Warp x Weft

Tabela 56 - Dados de produção – confecção

Production Data		
Unfixed Indigo Dye	20%	(Lu et al., 2010)
Unfixes Auxiliar Chemicals	50%	(Vedrenne et al., 2012)
Airjet Weaving Mech, Speed	860	Rpm
Reed Space at Airjet loom	178	cm
Fabric Weight per linear meter		= (Fabric Weight * Fabric Finished Width)
		= (3,39E+02 g/m <sup>2</sup> ) * (1,63E+00 m)
	5,51E+02	g/m (linear)
	5,51E-01	kg/m (linear)
Weaving Mach,Production(m/yr)	2,40E+05	m/yr
Formula Convert m into kg		= (Weaving Mach,Production(m/yr) * Weight (g) per fabric width (m) )
		= (2,40E+05 m/yr) * (5,51E+02 g/ fabric width (m))
Weaving Mach,Production(g/yr)	1,32E+08	g / yr / weaving machine
Quantity of Weaving Machines	9,00E+01	Unit
Total Denim Production	1,19E+10	g denim fabric/yr / 90 weaving machines less % production waste
Warp Yarn Production / Yr Mach		= (Weaving Mach,Production(g/yr) * Warp yarn % participation at the denim fabric construction)
		= (1,32E+08 g / yr / weaving machine) * (4,57E-01 Warp yarn % participation at the denim fabric construction)
	6,05E+07	g warp yarn / yr / weaving machine
Warp Yarn Prod, / Weaving mill	5,44E+09	g of warp yarn/yr/weaving mill
Waste during Warping	6%	Only Warp Yarn
Warp participation	45,7%	Quantity denim fabric warp construction
	2,74%	Proportional Participation
Waste during Weaving	2,00%	Denim Fabric
Wate during Finishing	2,00%	Denim Fabric
Waste the entire process	6,89%	Percentage Sum

Tabela 57 - Consumo de linha de costura para a construção de uma calça jeans (polegadas) – confecção

Thread consumption per 5 pockets Basic Denim Pants			
	Total (inch)	4210,4	inch
1	Length (outside)	180,0	inch
2	Length lock stitch	648,0	inch
3	Length (inside)	142,5	inch
4	Length lock stitch	513,0	inch
5	Waist	510,0	inch
6	Belt length	62,5	inch
7	Bartake width	90,0	inch
8	Pocket (opening)	70,0	inch
9	Coin pocket width	16,0	inch
10	Coin pocket length	15,0	inch
11	Pocket back	126,0	inch
12	Back pocket width	144,0	inch
13	Back pocket length	120,0	inch
14	Pocket bartake	48,0	inch
15	Yoke	300,0	inch
16	Top seam	33,0	inch
17	1# Bartake	12,0	inch
18	Upper ply	35,0	inch
19	Lower ply	15,5	inch
20	2# Bartake	14,4	inch
21	Front rise	20,0	inch
22	Front bartake	6,0	inch
23	Back rise	180,0	inch
24	Ply	567,0	inch
25	Mouth stitch	7,5	inch
26	Leg opening	240,0	inch
27	Zipper thread	45,0	inch
28	Buttonhole	24,0	inch
29	Batch	26,0	inch

Tabela 58 - Edificações – confecção

Building Description	Area	
	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1,03E+03</b>	<b>1,11E+04</b>
Management Building	9,29E+01	1,00E+03
Fabric&Access Inventory Store	1,39E+02	1,50E+03
Cutting Room	6,50E+01	7,00E+02
Stitching Room	2,04E+02	2,20E+03
Inspection Room	9,29E+01	1,00E+03
Packing Room	9,29E+01	1,00E+03
Finished Garment Store	9,29E+01	1,00E+03
Laundry Room	9,29E+01	1,00E+03
Water and Waste Water Treatm,	9,29E+01	1,00E+03
Water Treatment		
Sand Filter		
Ion Exchange Softner		
Waste Water Treatment		
Equalization Tank		
Aeration Tank		
Sludge Filter		
Parking/Transit	5,57E+01	6,00E+02
Vehicle parking		
Unloading		
Turn-about		
Internal Roads		
Drainage		
Pipe & Cable Laying		
Boiler Shed/Steam	1,11E+01	1,20E+02

Tabela 59 - Máquinas e equipamentos – confecção

Facility	S/N	Description	Brand	Origin	U/M	Qty	Steel Weight (kg)		Water (l/yr)		Electricity (kWh/yr)		Diesel (l/yr)	
							unit	set	Unit	set	Unit	Set	unit	set
		<b>Total</b>						<b>4.28E+04</b>		<b>1.31E+09</b>		<b>6.40E+05</b>		<b>4.16E+04</b>
<b>General</b>														
	1	Wardrobe, Table and Chair	Milani	Italy	Set	20	5.00E+01	1.00E+03						
	2	Computer	Dell	USA	pcs	20	3.00E+00	6.00E+01			5.20E+02	1.04E+04		
<b>Raw material Inspection</b>														
	3	Fabric Reviewer	Karl Mayer	Switzerland	pcs	2	1.00E+02	2.00E+02						
	4	Weighing-machine	Toledo	Brazil	pcs	5	2.00E+01	1.00E+02			5.20E+02	2.60E+03		
<b>Cutting</b>														
	5	Spread Fabric Table	Textil Max	Brazil	pcs	4	5.00E+02	2.00E+03						
	6	Fabric Wardrobe	Textil Max	Brazil	pcs	10	2.00E+02	2.00E+03						
	7	Circular Fabric Cutter	Karl Mayer	Switzerland	pcs	8	5.00E+00	4.00E+01			1.04E+03	8.32E+03		
<b>Stitching</b>														
	8	Sewing Machine	Sun Star	China	pcs	75	5.00E+01	3.75E+03			4.16E+03	3.12E+05		
	9	Table and Chair	Milani	Italy	Set	75	5.00E+01	3.75E+03						
<b>Laundrying</b>														
	10	Laundry and Dyeing Machine	Sun Star	China	pcs	4	2.00E+03	8.00E+03	3.28E+08	1.31E+09	2.08E+04	8.32E+04		
	11	Dryer Machine	Sun Star	China	pcs	2	2.00E+03	4.00E+03			4.16E+04	8.32E+04		
<b>Packing and Tagging</b>														
	12	Spread Pants Table	Textil Max	Brazil	pcs	10	2.00E+02	2.00E+03						
<b>Buttoning /Rivets /Zipper</b>														
	14	Sewing Machine	Sun Star	China	Pcs	4	7.50E+01	3.00E+02			4.16E+03	1.66E+04		

Tabela 60 - Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – confecção

Sector	Description	Qty	Maintenance	Operation
	<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>16</b>	<b>117</b>
<b>General</b>				
	CEO/Marketing Manager	1	0	1
	Factory Manager	1	0	1
	Finance & Admin Manager	1	0	1
	Accounts Officer	1	0	1
	Merchandiser	1	0	1
	Export Officer	1	0	1
	Purchase Officer	1	0	1
	Mechanical maintenance	4	4	0
	Electrician maintenance	2	2	0
	Security Guards	4	4	0
	Receptionist	1	0	1
	Secretary	1	0	1
	Process tester/Laboratory/Quality	1	0	1
	Driver	2	0	2
	Cleaner	6	6	0
Storage/Internal delivery				
	Store Keeper	2	0	2
	Store Keeper Helper	4	0	4
Cutting				
	Pattern Master	1	0	1
	Cutting Master	1	0	1
	Cutting Helper	10	0	10
Stitching				
	Supervisor	1	0	1
	Machine Operators	45	0	45
	Helpers	9	0	9
Laundring				
	Machine Operators	3	0	3
Threading				
	Helpers	3	0	3
Buttoning/Zip/Rivet,				
	Stithing Operators	2	0	2
	Helpers	1	0	1
Packing and Tagging				
	Packing Staff	12	0	12
Inspection				

	Final Table Quality Inspection	3	0	3
	Raw Material Quality Inspection	2	0	2
Ironning				
	Machine Operators	4	0	4
	Helpers	1	0	1
Waste/Water Treatment				
	Operator	1	0	1

Comércio de calças: a Tabela 61 traz as especificações técnicas da calça comercializada e dados de mercado. A Tabela 62 mostra a área construída para abrigar a unidade comercial. A relação entre máquinas e equipamentos é mostrada na Tabela 63, e a Tabela 64 mostra a quantidade de mão de obra requerida para operação e manutenção do comércio.

Tabela 61 - Descrição técnica do comércio de calças jeans – comércio de calças

Type	Basic 5 pockets Denim Pants				
	Men's five pockets Jeans				
	Weight per pants	7,50E+02	g		
	Pants sales per year	1,03E+05	pants/yr		
0,0%	Total Wastes	0,00E+00	g		
	Weight of sold Pants				
	Product + Waste	7,76E+07	g		
	Pants Store Characteristics				
	Sales Region	Brás - São Paulo- SP - Brazil			
	Store Quantity	5,00E+03	Store	(ALOBRA, 2017)	
	Gross income at Sales Region/yr	1,30E+10	R\$(Jan 2011)	(ALOBRA, 2017)	
	Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(ACSP, 2011)	
	Gross income/yr	7,76E+09	US\$(Jan 2011)/region		
	Income Average per Store/yr	1,55E+06	US\$(Jan 2011)/store		
	Average price per Denim Pants	1,50E+01	US\$(Jan 2011)/pant	(ALOBRA, 2017)	
	Negotiated Denim Pants/yr	1,03E+05	pants/yr		

Tabela 62 - Edificações – comércio de calças

Building Description	Area	
	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1,95E+02</b>	<b>2,10E+03</b>
Management Building	9,29E+00	1,00E+02
Distribution Center	1,39E+02	1,50E+03
Store Warehouse	9,29E+00	1,00E+02
Store	3,72E+01	4,00E+02

Tabela 63 - Máquinas e equipamentos – comércios de calças

Facility	S/N	Description	Brand	Origin	U/M	Qty	Steel Weight (kg)		Electricity (kWh/yr)	
							unit	set	unit	set
		<b>Total</b>						<b>2.22E+03</b>		<b>1.09E+04</b>
<b>General</b>										
	1	Wardrobe , Table and Chair	Milani	Italy	set	2	5.00E+01	1.00E+02		
	2	Computer	Dell	USA	pcs	2	3.00E+00	6.00E+00	5.20E+02	1.04E+03
	3	Air Condition air	Samsung	South Korea	pcs	1	5.00E+01	5.00E+01	2.08E+03	2.08E+03
<b>Distribution Center</b>										
	4	Wardrobe , Table and Chair	Milani	Italy	set	2	5.00E+01	1.00E+02		
	4	Pants Shelf	Milani	Italy	pcs	20	5.00E+01	1.00E+03		
	5	Computer	Dell	USA	pcs	2	3.00E+00	6.00E+00	5.20E+02	1.04E+03
	6	Air Condition air	Samsung	South Korea	pcs	1	5.00E+01	5.00E+01	2.08E+03	2.08E+03
<b>Store Warehouse</b>										
	7	Wardrobe , Table and Chair	Milani	Italy	set	2	5.00E+01	1.00E+02		
	4	Pants Shelf	Milani	Italy	pcs	5	5.00E+01	2.50E+02		
	8	Computer	Dell	USA	pcs	2	3.00E+00	6.00E+00	5.20E+02	1.04E+03
	9	Air Condition air	Samsung	South Korea	pcs	1	5.00E+01	5.00E+01	2.08E+03	2.08E+03
<b>Store</b>										
	10	Wardrobe , Table and Chair	Milani	Italy	set	1	5.00E+01	5.00E+01		
	4	Pants Shelf	Milani	Italy	pcs	10	5.00E+01	5.00E+02		
	11	Computer	Dell	USA	pcs	1	3.00E+00	3.00E+00	5.20E+02	5.20E+02
	12	Air Condition air	Samsung	South Korea	pcs	1	1.00E+02	1.00E+02	4.16E+03	4.16E+03

Tabela 64 - Quantidade de trabalhadores operacionais e manutenção – comércio

Sector	Description	Qty	Maintenance	Operation
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>General</b>				
	Manager/Account	1	0	1
	Purchase Officer	1	0	1
	Cleaner	1	1	0
Warehouse				
	Store Keeper	1	0	1
Store				
	Sellers	5	0	5
Store Warehouse				
	Driver/Warehouse Keeper	1	0	1

## APÊNDICE C – Cotonifício – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em energia de um cotonifício que produz 7000 toneladas por ano de fardos de algodão.

Table 65 - Electricity – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Energy in kWh per yr	1,41E+06	kWh	
Convert 1 kWh into Joules	3,60E+06	J	
Energy in Joules per yr	5,07E+12	J/yr	
Transformity for Electricity	1,60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Electricity * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,60E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Transformity for Electricity	2,03E+05	seJ/J	
EMERGY of Electricity			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Electricity)
Energy			= (5,07E+12 J/yr) * (2,03E+05 seJ/J)
	<b>1,03E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Electricity Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (1,03E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,84E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 66 - Diesel Fuel – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Fuel Demand in liter	7,68E+04	liter	
1 liter of Diesel contend	8,51E+02	g	
Fuel Demand in gram	6,53E+07	g	
Diesel Energy content	4,34E+04	J/g	(Odum et al., 2000)
Energy in Joules per yr	2,84E+12	J/yr	
Transformity for Diesel	1,10E+05	seJ/J	(Odum et al., 2000),
			= (Transformity for Diesel * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,10E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Transformity for Diesel	1,40E+05	seJ/J	
EMERGY of Diesel Energy			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Diesel)
			= (2,84E+12 J/yr) * (1,40E+05 seJ/J)
	<b>3,97E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Diesel Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (3,97E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>7,08E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 67 - Water – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Water Mass in m <sup>3</sup>	5,00E+04	m <sup>3</sup>	
Convert m <sup>3</sup> into g	1,00E+06	g	
Water Mass in grams	5,00E+10	g/yr	
Transformity for Water	4,80E+04	seJ/g	(Odum et al., 2000)
			= (Transformity for Water * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,80E+04 seJ/g * 1,27E+00)
Transformity for Water	<b>6,10E+04</b>	seJ/g	
EMERGY of Water			= (Water Mass in grams * Transformity for Water)
			= (5,00E+10 g/yr) * (6,10E+04 seJ/g)
	<b>3,05E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Water / Unit solar Energy for Services)
			= (3,05E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>5,45E+02</b>	US\$(2011)/yr	

Table 68 - Cotton – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Waste 3%	6,56E+08	g	
Cotton Seed 65%	1,42E+10	g	
Cotton Lint 32%	7,00E+09	g	
Cotton Demand in gram per year	2,19E+10	g	(Etiopia, 2015)
Cotton : 100% carbohydrates	1,70E+01	kJ/g	(Paul e Southgate, 1978)
Convert kJ to J	1,00E+03	J/kJ	
Cotton	1,19E+14	J	
Transformity for Cotton Lint Plume	1,51E+09	seJ/g	This study - (Table 4)
EMERGY of Cotton			= (Cotton Demand in gram per year * Transformity for Cotton Lint Plume)
			= (2,19E+10 g) * (1,51E+09 seJ/g)
	<b>3,30E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Cotton / Unit solar Energy for Services)
			= (3,30E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>5,89E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 69 - Building – Unit Square Meter (m<sup>2</sup>)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Building Construction Area	3,40E+03	m <sup>2</sup>	(Etiopia, 2015)
Building Depreciation	2,50E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Building m <sup>2</sup> divided by depreciation	1,36E+02	m <sup>2</sup> /yr	
Transformity for Building Construction	4,07E+15	seJ/m <sup>2</sup>	(Cutrim, 2012)
			= (Transformity for Building Construction * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,07E+15 seJ/m <sup>2</sup> * 1,27E+00)
	<b>5,17E+15</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Building			= (Building m <sup>2</sup> divided by depreciation * Transformity for Building Construction)
			= (1,36E+02 m <sup>2</sup> /yr) * (5,17E+15 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>1,38E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Building / Unit solar Energy for Services)
			= (1,38E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,47E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 70 - Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Steel	1,47E+05	kg/yr	(This study - Table 44)
Machines depreciation	1,00E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Steel after depreciation	1,47E+04	kg/yr	
Transformity of Steel	8,86E+12	seJ/kg	(Tilley et al., 2012)
			= (Transformity of Steel * Corrected by Baseline Factor)
			= (8,86E+12 seJ/kg * 1,27E+00)
Transformity of Steel	1,13E+13	seJ/kg	
EMERGY of Steel			= (Steel after depreciation * Transformity of Steel)
			= (1,47E+04 kg/yr) * (1,13E+13 seJ/kg)
	<b>1,66E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Steel / Unit solar Energy for Services)
			= (1,66E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,96E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 71 - Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g \* km)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Cotton Gin Mill Production per year	7,00E+09	g/yr	(Etiopia, 2015)
Truck load	2,50E+07	g/trip	
Truck trips per year		= (Cotton Gin Mill Production per year / Truckload) = (7,00E+09 g/yr / 2,50E+07 g/trip)	
	2,80E+02	trip/yr	
Distance per Truck Trip	3,70E+03	km	From: Sapezau-MT-Brazil / To Pacajus-CE-Brazil: Source GoogleEarth
Lapsed distance per year	1,04E+06	Km	
Factor (Material*Distance)		= ((Cotton Gin Mill Production per year * Lapsed distance per year) = ((7,00E+09 g/yr * 1,04E+06 km)	
	<b>7,25E+15</b>	g*km	
Transformity for Transport by Truck	9,19E+04	seJ/g	(Pulselli et al., 2008)
		= (Transformity for Transport by Truck * Corrected by Baseline Factor) = (9,19E+04 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity for Transport by Truck	<b>1,17E+05</b>	seJ/g	
EMERGY of Transport by Truck		= (Cotton Gin Mill Production per year * Lapsed distance per year * Corrected Transformity for Transport by Truck) = ((7,00E+09 g/yr * 1,04E+06 km * 1,17E+05 seJ/g)	
	<b>8,47E+20</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Transport by Truck / Unit solar Emergy for Services) = (8,47E+20 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>1,51E+08</b>	US\$(2011)/yr	

Table 72 - Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Human Metabolism	1,25E+02	kcal/h	(Pulselli et al., 2008)
Convert kcal to J	4,19E+03	J/kcal	(Pulselli et al., 2008)
Hours per day	8,00E+00	H	
Working days per year	1,85E+02	Days	
Hours per year per labor	1,48E+03	h/yr labor	
Energy per Labor		= (Hours per year per labor * Human Metabolism * Convert kcal to J)	
		= (1,48E+03 h/yr labor * 1,25E+02 kcal/h * 4,19E+03 J/kcal)	
	7,74E+08	J/yr	
Transformity of Labor	1,15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)
		= (Transformity of Labor * Corrected by Baseline Factor)	
		= (1,15E+07 seJ/J * 1,27E+00)	
Transformity of Labor	<b>1,46E+07</b>	seJ/J	
<b>Operational Labors</b>			
Qty of Operational Labors	5,20E+01	Labor	(Table 45)
Operational Labors Energy		= (7,74E+08 J/yr * 5,20E+01 labor)	
	<b>4,03E+10</b>	J	
EMERGY of Operational Labor		= (Operational Labors Energy * Transformity of Labor)	
		= (4,03E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)	
	<b>5,89E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	
Em\$ Value		= (EMERGY of Operational Labor / Unit solar Emergy for Services)	
		= (5,89E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$(2011))	
Em\$ Value	<b>1,05E+05</b>	US\$(2011)/yr	
<b>Maintenance Labors</b>			
Qty of Maintenance Labors	2,50E+01	Labor	(Table 45)
Maintenance Labors Energy		= (7,74E+08 J/yr * 2,50E+01 labor)	
	<b>1,94E+10</b>	J	
EMERGY of Maintenance Labor		= (Maintenance Labors Energy * Transformity of Labor)	
		= (1,94E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)	
	<b>2,83E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Maintenance Labor / Unit solar Emergy for Services)	
		= (2,83E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>5,05E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 73 - Services – Unit US\$ (Jan-2011)

Description	Value	Unit	Source:
Cents of R\$ per pound weight plume cotton	2,92E+02	Cent R\$(2011)/lb weight	(CEPEA/ESALQ, 2011)
Factor to Convert Real Cent into Real R\$	1,00E-02	R\$/Cent R\$	
R\$(2011) per pound weight of plume cotton	2,92E+00	R\$ (2011)/lb weight	
Convert Pound weight (lb weight) into kg	2,20E+00	kg/lb weight	
R\$(2011) per kilogram of plume cotton	6,44E+00	R\$ (2011)/kg	
US\$(2011) per kilogram of plume cotton	3,84E+00	US\$ (2011)/kg	
Production Capacity Cotton Gin Unit/yr	7,00E+06	kg/yr	
Production Unit	1,80E+02	kg/cotton bale	
Cotton Gin Unit income R\$(2011)/yr	4,51E+07	R\$ (2011)/yr	
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(ACSP, 2011)
US\$ per Cotton Gin Unit yr of Service	<b>2,69E+07</b>	US\$ (2011)/Ind Unit yr	(Faria, 2017)
Unit Solar Emery for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$(2011)	
		(US\$ per Cotton Gin Unit yr of Service * Unit Solar Emery for Service) (2,69E+07 US\$ (2011)/Ind Unit yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>1,51E+20</b>	seJ/Production Unit per yr (EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emery for Service) (1,51E+20 seJ/Production Unit per yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>2,69E+07</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) mostra que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011, houve a demanda de 5,60E+12 seJ. O cotonifício em análise produziu, em um ano 7,00E+06 kg/ano. O valor de mercado pago ao kg de algodão enfardado produzido no cotonifício em 2011 foi de 3,84E+00 US\$(2011)/kg. O faturamento anual desse cotonifício será de 7,00E+06 \* 3,84E+00 = 2,69E+07 US\$(2011)/ano faturamento da fiação em análise. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 2,69E+07 \* 5,60E+12 = 1,51E+20 seJ/cotonifício por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergia do Serviço (1,51E+20 seJ/cotonifício ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011), com o resultado igual a 2,69E+07 US\$(2011)/ano.

## APÊNDICE D – Fiação – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em energia de uma fiação que produz 8000 toneladas por ano de bobinas de algodão,

Table 74 - Electricity – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Energy in kWh per yr	1,07E+07	kWh	(Table 46)
Convert 1 kWh into Joules	3,60E+06	J	
Energy in Joules per yr	3,84E+13	J/yr	
Transformity for Electricity	1,60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Electricity * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,60E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Transformity for Electricity	2,03E+05	seJ/J	
EMERGY of Electricity			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Electricity)
Energy			= (3,84E+13 J/yr) * (2,03E+05 seJ/J)
	<b>7,81E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Electricity Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (7,81E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,39E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 75 - Diesel Fuel – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Diesel Fuel Demand in liter	3,84E+05	Liter	(Table 46)
1 liter of Diesel contend	8,51E+02	g/liter	
			= (Fuel Demand in liter * 1 liter of Diesel contend )
			= (3,84E+05 liter * 8,51E+02 g/liter)
Fuel Demand in gram	3,27E+08	g	
Diesel Energy content	4,34E+04	J/g	(Odum et al., 2000)
			= (Fuel Demand in gram * Diesel Energy content)
			= (3,27E+08 g * 4,34E+04 J/g)
Energy in Joules per yr	1,42E+13	J/yr	
Transformity for Diesel	1,10E+05	seJ/J	(Odum et al., 2000)
			= (Transformity for Diesel * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,10E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Transformity for Diesel	1,40E+05	seJ/J	
EMERGY of Diesel Energy			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Diesel)
			= (1,42E+13 J/yr) * (1,40E+05 seJ/J)
	<b>1,98E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)

Em\$ Value			= (EMERGY of Diesel Energy / Unit solar EMERGY for Services)
Em\$ Value	<b>3,54E+05</b>		= (1,98E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
			US\$(2011)/yr

Table 76 - Water – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Water Mass in m <sup>3</sup>	1,60E+04	m <sup>3</sup>	(Table 46)
Convert m <sup>3</sup> into g	1,00E+06	g	
Water Mass in grams	1,60E+10	g/yr	
Transformity for Water	4,80E+04	seJ/g	(Odum et al., 2000)
Transformity for Water			= (Transformity for Water * Corrected by Baseline Factor)
EMERGY of Water	<b>6,10E+04</b>	seJ/g	= (4,80E+04 seJ/g * 1,27E+00)
			= (Water Mass in grams * Transformity for Water)
	<b>9,76E+14</b>	seJ/yr	= (1,60E+10 g/yr) * (6,10E+04 seJ/g)
Unit solar EMERGY for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Water / Unit solar EMERGY for Services)
			= (9,76E+14 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,74E+02</b>		US\$(2011)/yr

Table 77 - Cotton – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Waste 3%	2,47E+08	g	
Cotton Yarn 97%	8,00E+09	g	
Cotton Lint Demand in gram per yr	8,25E+09	g	(Etiopia, 2015)
Cotton : 100% carbohydrates	1,70E+01	kJ/g	(Paul e Southgate, 1978)
Convert kJ to J	1,00E+03	J/kJ	
Cotton Yarn 97%	1,36E+14	J	
Transformity without service for Cotton Lint in Bale	1,26E+11	seJ/g	This study – Table 06
EMERGY of Cotton Yarn			= (Cotton Lint Demand in gram per yr * Transformity for Cotton Lint in Bale)
			= (8,25E+09 g) * (1,26E+11 seJ/g)
	<b>1,04E+21</b>	seJ/yr	
Unit solar EMERGY for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Cotton Yarn / Unit solar EMERGY for Services)
			= (1,04E+21 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,86E+08</b>		US\$(2011)/yr

Table 78 - Building – Unit Square Meter (m<sup>2</sup>)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Building Construction Area	1,00E+04	m <sup>2</sup>	(Table 47)
Building Depreciation	2,50E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Building m <sup>2</sup> divided by depreciation	4,00E+02	m <sup>2</sup> /yr	
Transformity for Building Construction	4,07E+15	seJ/m <sup>2</sup>	(Cutrim, 2012)
			= (Transformity for Building Construction * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,07E+15 seJ/m <sup>2</sup> * 1,27E+00)
	<b>5,17E+15</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Building			= (Building m <sup>2</sup> divided by depreciation * Transformity for Building Construction)
			= (4,00E+02 m <sup>2</sup> /yr) * (5,17E+15 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>4,07E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Building / Unit solar Energy for Services)
			= (4,07E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>7,27E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 79 - Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Steel	1,66E+06	kg/yr	(This study – Table 48)
Machines depreciation	1,00E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Steel after depreciation	1,66E+05	kg/yr	
Transformity of Steel	8,86E+12	seJ/kg	(Tilley et al., 2012)
			= (Transformity of Steel * Corrected by Baseline Factor)
			= (8,86E+12 seJ/kg * 1,27E+00)
Transformity of Steel	1,13E+13	seJ/kg	
EMERGY of Steel			= (Steel after depreciation * Transformity of Steel)
			= (1,66E+05 kg/yr) * (1,13E+13 seJ/kg)
	<b>1,87E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Steel / Unit solar Energy for Services)
			= (1,87E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$(2011))
Em\$ Value	<b>3,34E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 80 - Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g \* km)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Spinning Mill Production per year	8,00E+09	g/yr	(Etiopia, 2015)
Truck load	2,50E+07	g/trip	
Truck trips per year		= (Spinning Mill Production per year / Truckload) = (8,00E+09 g/yr / 2,50E+07 g/trip)	
	3,20E+02	trip/yr	
Distance per Truck Trip	5,39E+01	km	From: Pacajus-CE-Brazil / To: Maracanaú-CE-Brazil: Source GoogleEarth
Lapsed distance per year	1,72E+04	km	
Factor (Material * Distance)		= (Spinning Mill Production per year * Lapsed distance per year) = ((8,00E+09 g/yr * 1,72E+04 km)	
	<b>1,38E+14</b>	g*km	
Transformity for Transport by Truck	9,19E+04	seJ/g	(Pulselli et al., 2008)
		= (Transformity for Transport by Truck * Corrected by Baseline Factor) = (9,19E+04 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity for Transport by Truck	<b>1,17E+05</b>	seJ/g.km	
EMERGY of Transport by Truck		= (Spinning Mill Production per year * Lapsed distance per year * Corrected Transformity for Transport by Truck) = ((8,00E+09 g/yr * 1,72E+04 km * 1,17E+05 seJ/g.km)	
	<b>1,61E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Transport by Truck / Unit solar Emergy for Services) = (1,61E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>2,88E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 81 - Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Human Metabolism	1,25E+02	kcal/h	(Pulselli et al., 2008)
Convert kcal to J	4,19E+03	J/kcal	(Pulselli et al., 2008)
Hours per day	8,00E+00	h	With 3 working shifts of 8 hours for each worker
Working days per year	3,20E+02	days	Excluding Sundays and National holidays
Hours per year per labor	2,56E+03	h/yr labor	
Energy per Labor			= (Hours per year per labor * Human Metabolism * Convert kcal to J)
			= (2,56E+03 h/yr labor * 1,25E+02 kcal/h * 4,19E+03 J/kcal)
	1,34E+09	J/yr	
Transformity of Labor	1,15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)
			= (Transformity of Labor * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,15E+07 seJ/J * 1,27E+00)
Transformity of Labor	<b>1,46E+07</b>	seJ/J	
<b>Operational Labors</b>			
Qty of Operational Labors	2,07E+02	This study – Table 49)	
Operational Labors Energy		= (1,34E+09 J/yr * 2,07E+02 labor)	
	<b>2,77E+11</b>	J	
EMERGY of Operational Labor			= (Operational Labors Energy * Transformity of Labor)
			= (2,77E+11 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>4,05E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	
Em\$ Value			= (EMERGY of Operational Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (4,05E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>7,24E+05</b>	US\$(2011)/yr	
<b>Maintenance Labors</b>			
Qty of Maintenance Labors	6,00E+01	(This study – Table 49)	
Maintenance Labors Energy		= (1,34E+09 J/yr * 6,00E+01 labor)	
	<b>8,04E+10</b>	J	
EMERGY of Maintenance Labor			= (Maintenance Labors Energy * Transformity of Labor)
			= (8,04E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>1,17E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011) (Faria, 2017)	
Em\$ Value			= (EMERGY of Maintenance Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (1,17E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,10E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 82 - Services – Unit US\$ (Jan-2011)

Description	Value	Unit	Source:
R\$(2011) per kilogram of cotton yarn bobbin	8,38E+00	R\$ (2011)/kg	
US\$(2011) per kilogram of cotton yarn bobbin	5,00E+00	US\$ (2011)/kg	
Production Capacity Cotton Spinning Unit/yr	8,00E+06	kg/yr	(Etiopia, 2015)
Production Unit	5,00E+00	kg/Yarn Cone	
Cotton Spinning Unit income R\$/yr	6,70E+07	R\$/yr	
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan2011)	(ACSP, 2011)
US\$ per Cotton Spinning Unit yr of Service	<b>4,00E+07</b>	US\$ (2011)/Ind Unit yr	
Unit Solar Emergy for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
		(US\$ per Cotton Spinning Unit yr of Service * Unit Solar Emergy for Service)	
		(4,00E+07 US\$ (2011)/Ind Unit yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>2,24E+20</b>	seJ/Production Unit per yr	
		(EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emergy for Service)	
		(2,24E+20 seJ/Production Unit per yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>4,00E+07</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) mostra que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011, houve a demanda de 5,60E+12 seJ. A fiação em análise produziu, em um ano, 8,00E+06 kg/ano, e o valor de mercado pago ao kg de fio produzido na fiação em 2011 foi de 5,00E+00 US\$(2011)/kg. O faturamento anual dessa fiação será de 8,00E+06 \* 5,00E+00 = 4,00E+07 US\$(2011)/ano faturamento da fiação em análise. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 4,00E+07 \* 5,60E+12 = 2,24E+20 seJ/Fiação por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergia do Serviço (2,24E+20 seJ/Fiação ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011)), com o resultado igual a 4,00E+07 US\$(2011)/ano.

## APÊNDICE E – Tecelagem – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em energia de uma tecelagem que produz 11905 toneladas por ano de tecido jeans.

Table 83 - Electricity – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Energy in kWh per yr	1,45E+07	kWh/yr	(This study Table 52)
Convert 1 kWh into Joules	3,60E+06	J	
Energy in Joules per yr	5,22E+13	J/yr	
Transformity for Electricity	1,60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Electricity * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,60E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Electricity	2,03E+05	seJ/J	
EMERGY of Electricity			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Electricity)
Energy			= (5,22E+13 J/yr) * (2,03E+05 seJ/J)
	<b>1,06E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Electricity Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (1,06E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,90E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 84 - Water – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Water Mass in liter	6,61E+08	liter/yr	(This study – Table 52)
Convert liter into g	1,00E+03	g	
Water Mass in grams	6,61E+11	g/yr	
Transformity for Water	4,80E+04	seJ/g	(Odum et al., 2000)
			= (Transformity for Water * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,80E+04 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Water	<b>6,10E+04</b>	seJ/g	
EMERGY of Water			= (Water Mass in grams * Transformity for Water)
			= (6,61E+11 g/yr) * (6,10E+04 seJ/g)
	<b>4,03E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Water / Unit solar Energy for Services)
			= (4,03E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>7,20E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 85 - Diesel Fuel – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Diesel Fuel Demand in liter	4,80E+06	liter	(This study Table 44)
1 liter of Diesel contend	8,51E+02	g	
Fuel Demand in gram	4,08E+09	g	
Diesel Energy content	4,34E+04	J/g	(Odum et al., 2000)
Energy in Joules per yr	1,77E+14	J/yr	
Transformity for Diesel	1,10E+05	seJ/J	(Odum et al., 2000)
			= (Transformity for Diesel * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,10E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Diesel	1,40E+05	seJ/J	
EMERGY of Diesel Energy			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Diesel)
			= (1,77E+14 J/yr) * (1,40E+05 seJ/J)
	<b>2,48E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Diesel Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (2,48E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>4,43E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 86 - Dyestuff – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Warp Yarn Prod, / Weaving mill	5,44E+09	g of warp yarn/yr/weaving mill	
Dyestuff per g/kg product	1,50E+01	g/kg yarn	
			= (Warp Yarn Prod, / Weaving mill * Dyestuff per g/kg product) / 1000
			= (5,44E+09 g of warp yarn / yr / weaving mill * 1,50E+01 g/kg yarn) / 1000
Dyestuff consumption per Weaving Mill	8,16E+07	g/yr	
Transformity for Dyestuff	1,68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Dyestuff * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Dyestuff	2,14E+09	seJ/g	
EMERGY of Dyestuff			= (Dyestuff consumption per Weaving Mill * Transformity for Dyestuff)
			= (8,16E+07 g/yr) * (2,14E+09 seJ/g)
	<b>1,74E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Dyestuff / Unit solar Energy for Services)
			= (1,74E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>3,11E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 87 - Chemicals – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Warp Yarn Prod, / Weaving mill	5,44E+09	g of warp yarn/yr/weaving mill	
Chemicals per g/kg product	1,60E+02	g/kg yarn	
		= (Warp Yarn Prod, / Weaving mill * Chemicals per g/kg product) / 1000	
		= (5,44E+09 g of warp yarn / yr / weaving mill * 1,60E+02 g/kg yarn) / 1000	
Chemicals consumption per Weaving Mill	8,71E+08	g/yr	
Transformity for Chemicals	1,68E+09	seJ/g	
		= (Transformity for Chemicals * Corrected by Baseline Factor)	
		= (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity for Chemicals	2,14E+09	seJ/g	
EMERGY of Chemicals		= (Chemicals consumption per Weaving Mill * Transformity for Chemicals)	
		= (8,71E+08 g/yr) * (2,14E+09 seJ/g)	
	<b>1,86E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Chemicals / Unit solar Energy for Services)	
		= (1,86E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>3,32E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 88 - cotton yarn – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Production Process Waste	06,89%		
Denim Fabric	93,11%		
Cotton Yarn Demand in gram per yr	1,28E+10	g	(Etiopia, 2015)
Cotton : 100% carbohydrates	1,70E+01	kJ/g	(Paul e Southgate, 1978)
Convert kJ to J	1,00E+03	J/kJ	
Cotton Yarn	2,02E+14	J	
Transformity for Cotton Yarn	1,34E+11	seJ/g	(This study – Table 08)
EMERGY of Cotton Yarn		= (Cotton Yarn Demand in gram per yr * Transformity for Cotton Yarn)	
		= (1,28E+10 g) * (1,34E+11 seJ/g)	
	<b>1,72E+21</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Cotton Yarn / Unit solar Energy for Services)	
		= (1,72E+21 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>3,07E+08</b>	US\$(2011)/yr	

Table 89 - Equipment Machine Weight – Unit Kilogram (kg)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Steel	8,47E+05	kg/yr	(This study – Table 52)
Machines depreciation	1,00E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Steel after depreciation	8,47E+04	kg/yr	
Transformity of Steel	8,86E+12	seJ/kg	(Tilley et al., 2012)
			= (Transformity of Steel * Corrected by Baseline Factor)
			= (8,86E+12 seJ/kg * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Steel	1,13E+13	seJ/kg	
EMERGY of Steel			= (Steel after depreciation * Transformity of Steel)
			= (8,47E+04 kg/yr) * (1,13E+13 seJ/kg)
	<b>9,54E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Steel / Unit solar Energy for Services)
			= (9,54E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,70E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 90 - Building – Unit Square Meter (m<sup>2</sup>)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Building Construction Area	2,12E+04	m <sup>2</sup>	(This study – Table 53)
Building Depreciation	2,50E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Building m <sup>2</sup> divided by depreciation	8,48E+02	m <sup>2</sup> /yr	
Transformity for Building Construction	4,07E+15	seJ/m <sup>2</sup>	(Cutrim, 2012)
			= (Transformity for Building Construction * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,07E+15 seJ/m <sup>2</sup> * 1,27E+00)
Corrected Transformity Building	<b>5,17E+15</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Building			= (Building m <sup>2</sup> divided by depreciation * Transformity for Building Construction)
			= (8,48E+02 m <sup>2</sup> /yr) * (5,17E+15 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>8,63E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Building / Unit solar Energy for Services)
			= (8,63E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,54E+07</b>	US\$(2011)/yr	

Table 91 - Truck Transport – Unit Gram \* Kilometer (g \* km)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Weaving Mill Production per year	1,19E+10	g/yr	
Truck load	2,50E+07	g/trip	
Truck trips per year		= (Weaving Mill Production per year / Truckload) = (1,19E+10 g/yr / 2,50E+07 g/trip)	
	4,76E+02	trip/yr	
Distance per Truck Trip	7,22E+02	km	From: Maracanaú-CE-Brazil / To: Toritama-PE-Brazil: Source GoogleEarth
Lapsed distance per year	3,44E+05	km	
Factor (Material*Distance)		= (Weaving Mill Production per year * Lapsed distance per year) = (1,19E+10 g/yr * 3,44E+05 km)	
	<b>4,09E+15</b>	g*km	
Transformity for Transport by Truck	9,19E+04	seJ/g	(Pulselli et al., 2008)
		= (Transformity for Transport by Truck * Corrected by Baseline Factor) = (9,19E+04 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity for Transport by Truck	<b>1,17E+05</b>	seJ/g	
EMERGY of Transport by Truck		= (Weaving Mill Production per year * Lapsed distance per year * Corrected Transformity for Transport by Truck) = ((1,19E+10 g/yr * 3,44E+05 km * 1,17E+05 seJ/g)	
	<b>4,78E+20</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Transport by Truck / Unit solar Emergy for Services) = (4,78E+20 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>8,54E+07</b>	US\$(2011)/yr	

Table 92 - Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Human Metabolism	1,25E+02	kcal/h	(Pulselli et al., 2008)
Convert kcal to J	4,19E+03	J/kcal	(Pulselli et al., 2008)
Hours per day	8,00E+00	h	With 3 working shifts of 8 hours for each worker
Working days per year	3,20E+02	days	Excluding Sundays and National holidays
Hours per year per labor	2,56E+03	h/yr labor	
Energy per Labor			= (Hours per year per labor * Human Metabolism * Convert kcal to J)
			= (2,56E+03 h/yr labor * 1,25E+02 kcal/h * 4,19E+03 J/kcal)
	1,34E+09	J/yr	
Transformity of Labor	1,15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)
			= (Transformity of Labor * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,15E+07 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Labor	<b>1,46E+07</b>	seJ/J	
<b>Operational Labors</b>			
Qty of Operational Labors	1,71E+02	Labor	(This study – Table 54)
Operational Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 1,71E+02 labor)
	<b>2,29E+11</b>	J	
EMERGY of Operational Labor			= (Operational Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (2,29E+11 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>3,35E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Operational Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (3,35E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>5,98E+05</b>	US\$(2011)/yr	
<b>Maintenance Labors</b>			
Qty of Maintenance Labors	5,20E+01	Labor	(This study - Table 54)
Maintenance Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 5,20E+01 labor)
	<b>6,97E+10</b>	J	
EMERGY of Maintenance Labor			= (Maintenance Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (6,97E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>1,02E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	
Em\$ Value			= (EMERGY of Maintenance Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (1,02E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$(2011))
Em\$ Value	<b>1,82E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 93 - Services – Unit US\$ (Jan-2011)

Description	Value	Unit	Source:
R\$(2011) / kilogram of Cotton Denim Fabric	1,00E+01	R\$ (2011)/kg	
US\$(2011) / kilogram of Cotton Denim Fabric	5,97E+00	US\$ (2011)/kg	
Production Capacity Cotton Weaving Mill/yr	1,19E+07	kg/yr	(Etiopia, 2015)
Production Unit Cotton Weaving Unit income R\$/yr	2,00E+01	kg/Fabric Roll	
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(ACSP, 2011)
US\$ per Cotton Weaving Unit yr of Service	<b>7,11E+07</b>	US\$ (2011)/Ind Unit yr	
Unit Solar Emergy for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
		= (US\$ per Cotton Weaving Unit yr of Service * Unit Solar Emergy for Service)	
		= (7,11E+07 US\$ (2011)/Ind Unit yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>3,98E+20</b>	seJ/Production Unit per yr	
		= (EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emergy for Service)	
		= (3,98E+20 seJ/Production Unit per yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>7,11E+07</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) revela que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011, houve a demanda de 5,60E+12 seJ. A tecelagem em análise produziu, em um ano, 1,19E+07 kg/ano, e o valor de mercado pago ao kg de tecido indigo produzido na tecelagem em 2011 foi de 5,97E+00 US\$(2011)/kg. O faturamento anual dessa tecelagem será de 1,19E+07 \* 5,97E+00 = 7,11E+07 US\$(2011)/ano faturamento da tecelagem em análise. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 7,11E+07 \* 5,60E+12 = 3,98E+20 seJ/tecelagem por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergia do Serviço (3,98E+20 seJ/tecelagem.ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011)) com o resultado igual a 7,11E+07 US\$(2011)/ano.

## APÊNDICE F – Confeção – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em energia de uma confecção que produz 350000 unidades por ano de calças jeans básicas com cinco bolsos.

Table 94 - Electricity – Unit Joule (J) – Apparel Mill

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Energy in kWh per yr	6,40E+05	kWh/yr	(This study – Table 59)
Convert 1 kWh into Joules	3,60E+06	J	
Energy in Joules per yr	<b>2,30E+12</b>	J/yr	
Transformity for Electricity	1,60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Electricity * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,60E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Electricity	<b>2,03E+05</b>	seJ/J	
EMERGY of Electricity			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Electricity)
Energy			= (2,30E+12 J/yr) * (2,03E+05 seJ/J)
	<b>4,68E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Electricity Energy / Unit solar Energy for Services)
			= (4,68E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>8,36E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 95 - Water – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Water Mass in liter	1,31E+09	liter/yr	(This study – Table 59)
Convert liter into g	1,00E+03	g	
Water Mass in grams	<b>1,31E+12</b>	g/yr	
Transformity for Water	4,80E+04	seJ/g	(Odum et al., 2000)
			= (Transformity for Water * Corrected by Baseline Factor)
			= (4,80E+04 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Water	<b>6,10E+04</b>	seJ/g	
EMERGY of Water			= (Water Mass in grams * Transformity for Water)
			= (1,31E+12 g/yr) * (6,10E+04 seJ/g)
	<b>8,01E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Water / Unit solar Energy for Services)
			= (8,01E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,43E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 96 - Diesel Fuel – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Diesel Fuel Demand in liter	4,16E+04	liter	(This study – Table 59)
1 liter of Diesel contend	8,51E+02	g	
Fuel Demand in gram	3,54E+07	g	
Diesel Energy content	4,34E+04	J/g	(Odum et al., 2000)
Energy in Joules per yr	<b>1,54E+12</b>	J/yr	
Transformity for Diesel	1,10E+05	seJ/J	(Odum et al., 2000), = (Transformity for Diesel * Corrected by Baseline Factor) = (1,10E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Diesel	<b>1,40E+05</b>	seJ/J	
EMERGY of Diesel Energy			= (Energy in Joules per yr * Transformity for Diesel) = (1,54E+12 J/yr) * (1,40E+05 seJ/J)
	<b>2,15E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Diesel Energy / Unit solar Energy for Services) = (2,15E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>3,84E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 97 - Denim Fabric – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Production Process Waste	14,43%		
Denim Fabric	85,57%		
Weight per pant	7,50E+02	g	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Denim Fabric Demand in gram per yr	3,07E+08	g	(Etiopia, 2015)
Cotton : 100% carbohydrates	1,70E+01	kJ/g	(Paul e Southgate, 1978)
Convert kJ to J	1,00E+03	J/kJ	
Cotton Yarn	4,46E+12	J	
Transformity for Fabric Denim	1,88E+11	seJ/g	(This study – Table 10)
EMERGY of Fabric Denim			= (Denim Fabric Demand in gram per yr * Transformity for Fabric Denim) = (3,07E+08 g) * (1,88E+11 seJ/g)
	<b>5,78E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Fabric Denim / Unit solar Energy for Services) = (5,78E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,03E+07</b>	US\$(2011)/yr	

Table 98 - Chemicals – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Total Enzyme Wash Receipt	5,00E+00	g/l	
Amylase Enzyme	2,00E+00	g/l	
Wetting/Scouring Agent	1,00E+00	g/l	
Dispersing Agent	2,00E+00	g/l	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Weight per pant	7,50E+02	g	
Pants produced per year	2,63E+08	g	
Enzyme Laundry Liquor Ratio	5	:1 Ratio	Water (liters) per Garment (gram)
Water Laundry demand per year			= (Pants produced per year * Enzyme Laundry Liquor Ratio)
			= (2,63E+08 g) * (5,00E+00 :1 Ratio)
Water Laundry demand per year	1,31E+09	L	
Chemicals Demands per year			= (Total Enzyme Wash Receipt * Pants produced per year * Enzyme Laundry Liquor Ratio)
			= (5,00E+00 g/l) * (3,50E+05 pants/yr) * (5,00E+00:1 Ratio)
Chemicals Demands per year	<b>8,75E+06</b>	g/yr	
Transformity for Chemicals	1,68E+09	seJ/g	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Chemicals * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Chemicals	<b>2,14E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Chemicals			= (Chemicals Demands per year * Transformity for Chemicals)
			= (8,75E+06 g/yr) * (2,14E+09 seJ/g)
	<b>1,87E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Chemicals / Unit solar Emergy for Services)
			= (1,87E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>3,34E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 99 - Sewing Thread – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Thread consumption per 5 pockets Basic Denim Pants	4,21E+03	inch	(This study – Table 57)
Convert inch into meter	2,54E-02	m/inch	
	1,07E+02	m	
Sewing thread Count	6,00E+01	Tex (g/km)	
Tex count to convert m into grams	1,00E-03	g/m	
Thread consumption per 5 pockets Basic Denim Pants	6,42E+00	g/pant	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
		= (Thread consumption per 5 pockets Basic Denim Pants * Pants produced per year)	
		= (6,42E+00 g/pant * 3,50E+05 pants/yr)	
Sewing Thread consumption per Mill/yr	<b>2,25E+06</b>	g/yr	
Transformity for Plastic (Poliester yarn)	3,15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)
		= (Transformity for Plastic (Polyester yarn) * Corrected by Baseline Factor)	
		= (3,15E+09 seJ/g * 1,27E+00)	
Corrected Transformity for Plastic	<b>4,00E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Plastic		= (Sewing Thread consumption per Mill/yr * Transformity for Plastic (Polyester yarn))	
		= (2,25E+06 g/yr) * (4,00E+09 seJ/g)	
	<b>8,99E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Emery for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Plastic / Unit solar Emery for Services)	
		= (8,99E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>1,61E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 100 - Pocket Lining – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Pocket Lining Cotton Fabric Demand / Pant	1,80E-01	m <sup>2</sup>	
Cotton Fabric Gramature	1,00E+02	g/m <sup>2</sup>	
	1,80E+01	g	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Pocket Lining Cotton Fabric Demand / Mill	<b>6,30E+06</b>	g/yr	
Transformity for Cotton Fabric	<b>1,88E+11</b>	seJ/g	(This study – Table 10)
EMERGY of Fabric Denim		= (Pocket Lining Cotton Fabric Demand / Mill * Transformity for Cotton Fabric)	
		= (6,30E+06 g/yr) * (1,88E+11 seJ/g)	
	<b>1,19E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Emery for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Fabric Denim / Unit solar Emery for Services)	
		= (1,19E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>2,12E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 101 - Button Zip Rivet – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
1 Zipper Demand / Pant	2,00E+01	g	
1 Buttom Demand / Pant	1,00E+01	g	
8 Rivets Demand / Pant	1,00E+01	g	
Total Accessories / Pant	4,00E+01	g	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Accessories weight Demand / Mill	<b>1,40E+07</b>	g/yr	
Transformity for Accessories	<b>1,68E+09</b>	seJ/g	(Odum, 1996) = (Transformity for Accessories * Corrected by Baseline Factor) = (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Assessories	<b>2,14E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Accessories			= (Accessories weight Demand / Mill * Corrected Transformity for Accessories) = (1,40E+07 g/yr) * (2,14E+09 seJ/g)
	<b>2,99E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Emerygy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Accessories / Unit solar Emerygy for Services) = (2,99E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>5,34E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 102 - Label – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Label Area Demanded / Pant	6,50E-03	m <sup>2</sup>	
Poliester Label Gramature	1,20E+02	g/m <sup>2</sup>	
	7,80E-01	g	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Poliester Label Demanded / Mill	<b>2,73E+05</b>	g/yr	
Transformity for Plastic (Poliester Label)	<b>3,15E+09</b>	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003) = (Transformity for Plastic (Polyester Label) * Corrected by Baseline Factor) = (3,15E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Plastic	<b>4,00E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Polyester Label			= (Polyester Label Demanded / Mill * Corrected Transformity for Plastic) = (2,73E+05 g/yr) * (4,00E+09 seJ/g)
	<b>1,09E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Emerygy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Polyester Label / Unit solar Emerygy for Services) = (1,09E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,95E+02</b>	US\$(2011)/yr	

Table 103 - Tag – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Paper Tag Demanded / Pant	1,05E-01	m <sup>2</sup>	
Paper Tag Gramature	1,50E+02	g/m <sup>2</sup>	
	1,58E+01	g	
Pants produced per year	3,50E+05	pants/yr	
Paper Tag Demand / Mill	<b>5,51E+06</b>	g/yr	
Transformity for Paper Tag	<b>1,68E+09</b>	seJ/g	(Odum, 1996) = (Transformity for Paper Tag * Corrected by Baseline Factor) = (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Accessories	<b>2,14E+09</b>	seJ/g	
EMERGY of Paper Tag			= (Paper Tag Demand / Mill * Corrected Transformity for Accessories) = (5,51E+06 g/yr) * (2,14E+09 seJ/g)
	<b>1,18E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Paper Tag / Unit solar Emergy for Services) = (1,18E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>2,10E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 104 - Building – Unit Square Meter (m<sup>2</sup>)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Building Construction Area	1,03E+03	m <sup>2</sup>	(This study – Table 58)
Building Depreciation	2,50E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Building m <sup>2</sup> divided by depreciation	4,13E+01	m <sup>2</sup> /yr	
Transformity for Building Construction	4,07E+15	seJ/m <sup>2</sup>	(Cutrim, 2012) = (Transformity for Building Construction * Corrected by Baseline Factor) = (4,07E+15 seJ/m <sup>2</sup> * 1,27E+00)
Corrected Transformity Building	<b>5,17E+15</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Building			= (Building m <sup>2</sup> divided by depreciation * Transformity for Building Construction) = (4,13E+01 m <sup>2</sup> /yr) * (5,17E+15 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>4,20E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Building / Unit solar Emergy for Services) = (4,20E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>7,51E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 105 - Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Steel	4,28E+04	kg/yr	(This study - Table 59)
Machines depreciation	1,00E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Steel after depreciation	<b>4,28E+03</b>	kg/yr	
Transformity of Steel	8,86E+12	seJ/kg	(Tilley et al., 2012)
			= (Transformity of Steel * Corrected by Baseline Factor)
			= (8,86E+12 seJ/kg * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Steel	<b>1,13E+13</b>	seJ/kg	
EMERGY of Steel			= (Steel after depreciation * Transformity of Steel)
			= (4,28E+03 kg/yr) * (1,13E+13 seJ/kg)
	<b>4,82E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Steel / Unit solar Energy for Services)
			= (4,82E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>8,61E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 106 - Truck Transportation – Unit Gram x Kilometer (g \* km)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Apparel Mill Production per year	2,63E+08	g/yr	(Etiopia, 2015)
Truck load	2,50E+07	g/trip	
Truck trips per year			= (Apparel Mill Production per year / Truckload)
			= (2,63E+08 g/yr / 2,50E+07 g/trip)
	1,05E+01	trip/yr	
Distance per Truck Trip	2,61E+03	Km	From: Toritama-PE-Brazil/ To: Brás-SP-SP-Brazil: Source GoogleEarth
Lapsed distance per year	2,74E+04	Km	
Factor (Material * Distance)			= (Apparel Mill Production per year * Lapsed distance per year)
			= (2,63E+08 g/yr * 2,74E+04 km)
	<b>7,18E+12</b>	g*km	
Transformity for Transport by Truck	9,19E+04	seJ/g,km	(Pulselli et al., 2008)
			= (Transformity for Transport by Truck * Corrected by Baseline Factor)
			= (9,19E+04 seJ/g,km * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Transport by Truck	<b>1,17E+05</b>	seJ/g,km	
EMERGY of Transport by Truck			= (Apparel Mill Production per year * Lapsed distance per year * Corrected Transformity for Transport by Truck)
			= ((2,63E+08 g/yr * 2,74E+04 km * 1,17E+05 seJ/g,km)
	<b>8,39E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Transport by Truck / Unit solar Energy for Services)
			= (8,39E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,50E+05</b>	US\$(2011)/yr	

Table 107 - Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Human Metabolism	1,25E+02	kcal/h	(Pulselli et al., 2008)
Convert kcal to J	4,19E+03	J/kcal	(Pulselli et al., 2008)
Hours per day	8,00E+00	h	With 3 working shifts of 8 hours for each worker
Working days per year	3,20E+02	days	Excluding Sundays and National holidays
Hours per year per labor	2,56E+03	h/yr labor	
Energy per Labor			= (Hours per year per labor * Human Metabolism * Convert kcal to J)
			= (2,56E+03 h/yr labor * 1,25E+02 kcal/h * 4,19E+03 J/kcal)
	1,34E+09	J/yr	
Transformity of Labor	1,15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)
			= (Transformity of Labor * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,15E+07 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Labor	<b>1,46E+07</b>	seJ/J	
<b>Operational Labors</b>			
Qty of Operational Labors	1,17E+02	Labor	(This study - Table 60)
Operational Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 1,17E+02 labor)
	<b>1,57E+11</b>	J	
EMERGY of Operational Labor			= (Operational Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (1,57E+11 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>2,29E+18</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Operational Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (2,29E+18 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>4,09E+05</b>	US\$(2011)/yr	
<b>Maintenance Labors</b>			
Qty of Maintenance Labors	1,60E+01	Labor	(This study - Table 60)
Maintenance Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 1,60E+01 labor)
	<b>2,14E+10</b>	J	
EMERGY of Maintenance Labor			= (Maintenance Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (2,14E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>3,13E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	
Em\$ Value			= (EMERGY of Maintenance Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (3,13E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$(2011))
Em\$ Value	<b>5,59E+04</b>	US\$(2011)/yr	

Table 108 - Services – Unit US\$ (Jan-2011)

Description	Value	Unit	Source:
R\$(2011) / Denim Pants	1,00E+01	R\$ (2011)/pants	
US\$(2011) / Denim Pants	5,97E+00	US\$ (2011)/pants	
US\$(2011) / kg	7,96E+00	US\$ (2011)/kg	
Production Capacity Apparel Mill/yr	3,50E+05	pants/yr	(Etiopia, 2015)
Production Unit	7,50E-01	kg/pants	
R\$ per Apparel Mill income R\$/yr	3,50E+06	R\$/yr	
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(ACSP, 2011)
US\$ per Apparel Mill yr of Service	<b>2,09E+06</b>	US\$ (2011)/Ind Unit yr	
Unit Solar Emergy for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
		= (US\$ per Apparel Mill yr of Service * Unit Solar Emergy for Service)	
		= (2,09E+06 US\$ (2011)/Ind Unit yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>1,17E+19</b>	seJ/Production Unit per yr	
		= (EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emergy for Service)	
		= (1,17E+19 seJ/Production Unit per yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>2,09E+06</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) revela que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011, houve a demanda de 5,60E+12 seJ. A confecção em análise produziu, em um ano, 3,50E+05 calças/ano, e o valor de mercado pago por calça produzida na confecção em 2011 foi de 5,97E+00 US\$(2011)/calça, o faturamento anual desta confecção será de 3,50E+05 \* 5,97E+00 = 2,09E+06 US\$(2011)/ano faturamento da confecção em análise. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 2,09E+06 \* 5,60E+12 = 1,17E+19 seJ/confecção por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergeia do Serviço (1,17E+19 seJ/confecção ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011), com o resultado igual a 2,09E+06 US\$(2011)/ano.

## APÊNDICE G – Comércio de calças – Memorial de cálculo do sistema de produção

Cálculo de produção para a avaliação em energia de um comércio de calças que comercializa 103483 unidades por ano de calças jeans básicas com cinco bolsos.

Table 109 - Electricity – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Energy in kWh per yr	1,09E+04	kWh/yr	(This study – Table 63)
Convert 1 kWh into Joules	3,60E+06	J	
Energy in Joules per yr	<b>3,93E+10</b>	J/yr	
Transformity for Electricity	1,60E+05	seJ/J	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Electricity * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,60E+05 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity for Electricity	<b>2,03E+05</b>	seJ/J	
EMERGY of Electricity			= (Energy in Joules per yr * Corrected Transformity for Electricity)
Energy			= (3,93E+10 J/yr) * (2,03E+05 seJ/J)
	<b>8,00E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Electricity Energy / Unit solar Emergy for Services)
			= (8,00E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,43E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 110 - Denim Pants – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Sales Process Material Waste	00,00%	0,00E+00	g
Weight of sold Pants	100,00%	<b>7,76E+07</b>	g
			(ALOBRA, 2017)
Weight per pants		7,50E+02	g
Pants sales per year		1,03E+05	pants/yr
Cotton : 100% carbohydrates		1,70E+01	kJ/g
			(Paul e Southgate, 1978)
Convert kJ to J		1,00E+03	J/kJ
Cotton Yarn		1,32E+12	J
Transformity for Denim Pants	<b>2,42E+11</b>	seJ/g	(This study - Table 12)
EMERGY of Denim Pants			= (Weight of sold Pants * Transformity for Denim Pants)
			= (7,76E+07 g) * (2,42E+11 seJ/g)
	<b>1,88E+19</b>	seJ/yr	
Unit solar Emergy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Denim Pants / Unit solar Emergy for Services)
			= (1,88E+19 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>3,36E+06</b>	US\$(2011)/yr	

Table 111 - Plastic Envelope Bag – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Plastic Envelope bag area Demanded/Pants	2,00E-01	m <sup>2</sup>	
Plastic Envelope Gramature	1,20E+02	g/m <sup>2</sup>	
Plastic Envelope weight	2,40E+01	g	
Pants Sold per year	1,03E+05	pants/yr	
Poliester Envelop Demanded / Store	<b>2,48E+06</b>	g/yr	
Transformity for Plastic (Polyester Label)	3,15E+09	seJ/g	(Brown e Buranakarn, 2003)
			= (Transformity for Plastic (Polyester Label) * Corrected by Baseline Factor)
			= (3,15E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Paper Transformity	<b>4,00E+09</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Polyester Label			= (Poliester Envelop Demanded / Store * Corrected Paper Transformity)
			= (2,48E+06 g/yr) * (4,00E+09 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>9,94E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Emery for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Polyester Label / Unit solar Emery for Services)
			= (9,94E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,78E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 112 - Cardboard Bag – Unit Gram (g)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Cardboard bag Demanded / Pants	3,00E-01	m <sup>2</sup>	
Cardboard bag Gramature	3,50E+02	g/m <sup>2</sup>	
Cardboard bag weight	1,05E+02	g	
Pants sales per year	1,03E+05	pants/yr	
Cardboard bag Demand / Store	<b>1,09E+07</b>	g/yr	
Transformity for Paper	<b>1,68E+09</b>	seJ/g	(Odum, 1996)
			= (Transformity for Paper * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,68E+09 seJ/g * 1,27E+00)
Corrected Paper Transformity	<b>2,14E+09</b>	seJ/m <sup>2</sup>	
EMERGY of Paper			= (Cardboard bag Demand / Store * Corrected Paper Transformity)
			= (1,09E+07 g/yr) * (2,14E+09 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>2,32E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Emery for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Paper / Unit solar Emery for Services)
			= (2,32E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>4,14E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 113 - Building – Unit Square Meter (m<sup>2</sup>)

Description alue		
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00	(Brown e Ulgiati, 2016)
Building Construction Area	1,95E+02	(This study – Table 62)
Building Depreciation	2,50E+01	(Depreciação, 2017)
Building m <sup>2</sup> divided by depreciation	<b>7,80E+00</b>	
Transformity for Building Construction	4,07E+15	(Cutrim, 2012)
		= (Transformity for Building Construction * Corrected by Baseline
		= (4,07E+15 seJ/m <sup>2</sup> * 1,27E+00)
Corrected Transformity Building	<b>5,17E+15</b>	
EMERGY of Building		= (Building m2 divided by depreciation * Transformity for Building Construction)
		= (7,80E+00 m <sup>2</sup> /yr) * (5,17E+15 seJ/m <sup>2</sup> )
	<b>7,94E+17</b>	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011) (Faria, 2017)
Em\$ Value		= (EMERGY of Building / Unit solar Energy for Services)
		= (7,94E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>1,42E+05</b>	US\$(2011)/yr

Table 114 - Equipment and Machines – Unit Kilogram (kg)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Steel	2,22E+03	kg/yr	(This study – Table 63)
Machines depreciation	1,00E+01	yr	(Depreciação, 2017)
Steel after depreciation	<b>2,22E+02</b>	kg/yr	
Transformity of Steel	8,86E+12	seJ/kg	(Tilley et al., 2012)
			= (Transformity of Steel * Corrected by Baseline Factor)
			= (8,86E+12 seJ/kg * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Steel	<b>1,13E+13</b>	seJ/kg	
EMERGY of Steel			= (Steel after depreciation * Corrected Transformity of Steel)
			= (2,22E+02 kg/yr) * (1,13E+13 seJ/kg)
	<b>2,49E+15</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Steel / Unit solar Energy for Services)
			= (2,49E+15 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>4,45E+02</b>	US\$(2011)/yr	

Table 115 - Labor Operational and Maintenance – Unit Joule (J)

Description	Value	Unit	Source:
Corrected by Baseline Factor	1,27E+00		(Brown e Ulgiati, 2016)
Human Metabolism	1,25E+02	kcal/h	(Pulselli et al., 2008)
Convert kcal to J	4,19E+03	J/kcal	(Pulselli et al., 2008)
Hours per day	8,00E+00	h	Working one shift of 8 hours for each worker
Working days per year	3,20E+02	days	Excluding Sundays and National holidays
Hours per year per labor	2,56E+03	h/yr labor	
Energy per Labor			= (Hours per year per labor * Human Metabolism * Convert kcal to J)
			= (2,56E+03 h/yr labor * 1,25E+02 kcal/h * 4,19E+03 J/kcal)
	1,34E+09	J/yr	
Transformity of Labor	1,15E+07	seJ/J	(Bonilla et al., 2010)
			= (Transformity of Labor * Corrected by Baseline Factor)
			= (1,15E+07 seJ/J * 1,27E+00)
Corrected Transformity of Labor	<b>1,46E+07</b>	seJ/J	
<b>Operational Labors</b>			
Qty of Operational Labors	9,00E+00	Labor	(This study – Table 64)
Operational Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 9,00E+00 labor)
	<b>1,21E+10</b>	J	
EMERGY of Operational Labor			= (Operational Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (1,21E+10 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>1,76E+17</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$ (2011)	(Faria, 2017)
Em\$ Value			= (EMERGY of Operational Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (1,76E+17 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))
Em\$ Value	<b>3,15E+04</b>	US\$(2011)/yr	
<b>Maintenance Labors</b>			
Qty of Maintenance Labors	1,00E+00	Labor	(This study – Table 64)
Maintenance Labors Energy			= (1,34E+09 J/yr * 1,00E+00 labor)
	<b>1,34E+09</b>	J	
EMERGY of Maintenance Labor			= (Maintenance Labors Energy * Corrected Transformity of Labor)
			= (1,34E+09 J) * (1,46E+07 seJ/J)
	<b>1,96E+16</b>	seJ/yr	
Unit solar Energy for Services	5,60E+12	seJ/US\$(2011)	
Em\$ Value			= (EMERGY of Maintenance Labor / Unit solar Energy for Services)
			= (1,96E+16 seJ/yr) / (5,60E+12 seJ/US\$(2011))
Em\$ Value	<b>3,50E+03</b>	US\$(2011)/yr	

Table 116 - Services – Unit US\$ (Jan-2011)

Description	Value	Unit	Source:
R\$(2011) / Denim Pants	2,51E+01	R\$ (2011)/pants	(ALOBAS, 2017)
US\$(2011) / Denim Pants	1,50E+01	US\$ (2011)/pants	
US\$(2011) / kg of Denim Pants	2,00E+01	US\$ (2011)/kg	
Sales Capacity Denim Pants/yr	1,03E+05	pants/yr	(ACSP, 2011)
Product weight	7,50E-01	kg/pants	
R\$ per Pants Store income R\$/yr	2,60E+06	R\$/yr	
Exchange Rate US\$ 2011	1,68E+00	R\$/US\$ (Jan 2011)	(Faria, 2017)
US\$ per Pants Store yr of Service	<b>1,55E+06</b>	US\$ (2011)/Store Unit yr	
Unit Solar Emergy for Service	<b>5,60E+12</b>	seJ/US\$ (2011)	
EMERGY of Service US\$ (2011)	<b>8,69E+18</b>	seJ/Sales Unit per yr = (US\$ per Pants Store yr of Service * Unit Solar Emergy for Service) = (1,55E+06 US\$ (2011)/Store Unit yr) * (5,60E+12 seJ/US\$ (2011)) = (EMERGY of Service US\$ (2011) / Unit Solar Emergy for Service) = (8,69E+18 seJ/Sales Unit per yr) / (5,60E+12 seJ/US\$ (2011))	
Em\$ Value	<b>1,55E+06</b>	US\$ (2011)/yr	

O estudo de Faria (2017) aponta que o valor da UEV (Unit Solar Emergy Value) para serviço no Brasil em 2011 foi de 5,60E+12 seJ/US\$ (2011), ou seja, para se produzir um dólar no Brasil em 2011, houve a demanda de 5,60E+12 seJ. O mercado de venda de calças jeans em análise comercializou, em um ano, 1,03E+05 calças/ano, e o valor de mercado pago por calça jeans no mercado em 2011 foi de 1,50E+01 US\$(2011)/calça. O faturamento anual desse mercado será de 1,03E+05 \* 1,50E+01 = 1,55E+06 US\$(2011)/ano faturamento do mercado em análise. A emergia será o produto entre o faturamento e o valor da UEV do dinheiro neste país em 2011, logo 1,55E+06 \* 5,60E+12 = 8,69E+18 seJ/mercado por ano. O valor do Em\$ será o valor da Emergia do Serviço (8,69E+18 seJ/mercado ano) dividido pela UEV do dinheiro neste país em 2011 (5,60E+12 seJ/US\$(2011) com o resultado igual a 1,55E+06 US\$(2011)/ano.